
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

Inteligentní řízený zdroj napětí
Intelligent Controlled Voltage Source

Bakalářská práce

Autor: **Jan Šec**
Vedoucí práce: Ing. Petr Školník, Ph.D.

V Liberci 16. 5. 2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Šec**
Osobní číslo: **M08000069**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronické informační a řídicí systémy**
Název tématu: **Inteligentní řízený zdroj napětí**
Zadávací katedra: **Ústav řízení systémů a spolehlivosti**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


1. Diskutujte možnosti realizace napěťového zdroje o výkonu do cca 1 kW, který je ovládán napěťovým signálem 0 – 10 V.
2. Realizujte řešení vhodné pro ovládání výkonu topné spirály. Zdroj konstruuje tak, aby nezpůsobil rušení.
3. Ověřte funkčnost v reálném nasazení a proměřte vlastnosti zdroje.
4. Zajistěte možnost omezení výkonu zdroje v závislosti na vnějším poruchovém signálu.
5. Pokuste se u zdroje zajistit i volitelnou funkci spojitého termostatu.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


1. **Elektro bastlárna [online]. 2010 [cit. 2010-09-21]. Dostupné z WWW:**
<<http://www.elektroworld.info>>.
2. **HLAVA, J. Prostředky automatického řízení II. Praha : ČVUT, 2000. 162 s. Dostupné z WWW:**
<http://www.fm.tul.cz/~jaroslav.hlava/par/Skripta_PAR.pdf>.
3. **AUTOMA. Časopis pro automatizační techniku [online]. 2010 [cit. 2010-09-21]. Dostupné z WWW:**
<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36107>.
4. **VOBECKÝ, J.; ZÁHLAVA, V. Elektronika - součástky a obvody, principy a příklady. Praha : Grada Publishing, 2000. 205 s.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Školník, Ph.D.**
Ústav řízení systémů a spolehlivosti

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**
Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2013**


prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan




doc. Ing. Libor Tůma, CSc.
vedoucí ústavu

V Liberci dne 15. října 2012

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum 16. května 2013

Podpis

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl v první řadě poděkovat svému vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Školníkovi, Ph.D. za ochotu, trpělivost a cenné rady při psaní této práce. Také bych chtěl velice poděkovat mé rodině. Především pak svému otci. Ten mi pomohl se správným nasměrováním. Díky jeho zkušenostem v elektrotechnickém oboru.

Anotace

V rámci bakalářské práce byl řešen problém inteligentní regulace teploty ohřevu vody. Byl navržen a zkonstruován přístroj na principu elektronické regulace výkonu řízený procesorem. Funkční testy prokázaly, že přístroj je schopen provozu a je plně funkční. Hlavním problémem bylo vhodné navržení regulátoru samotného. V další řadě pak vhodně ošetřit jednotlivé ochrany zařízení, které zabraňují nebo předcházejí možným škodám, případným ohrožením či nežádoucím poraněním obsluhující osoby.

Princip zařízení spočívá v tom, že regulátor napájíme řídicím napětím v rozsahu 0 V až 10 V a tím dostáváme na výstupu regulátoru napětí v rozmezí 0 V, až 230 V. Výstupním napětím je napájeno topné těleše, které je v měrné nádobě s vodou. S rostoucím výstupním napětím se zvyšuje teplota topného tělesa, která ohřívá vodu v měrné nádobě. Tuto regulaci zde realizuje programovatelný integrovaný obvod PIC 16F676. Toto je základní funkce regulátoru. Další elektronické bloky, které jsou k tomuto regulátoru připojeny, zajišťují ochrannou funkci a kontrolu nad tímto regulátorem. Jedná se o bloky hlídání hladiny vody, hlídání maximální teploty vody, signalizace stavů a napájení těchto bloků.

Klíčová slova: Regulace, řídicí napětí, topné těleso, PIC 16F676, ochranná funkce, regulátor.

Anotation

Within the scope of Bachelor work a problem of intelligent regulation of water temperature was solved. A device using the principle of power electronic regulation (controlled by means of microprocessor) was designed. Functional tests have proved that the device is working correctly. The main problem was the design of the regulator itself. Than it was necessary to design appropriate protection parts what prevent the device from damages or the personnel from wound. The basic protection parts are suitable case, wires insulation and more difficult electronic circuits.

The principle of the regulator is the control voltage 0 V – 10 V on the input driving the output voltage 0 V – 230 V. This output voltage is connected to the heating element what is placed in the bin with the water. The higher the output voltage is the higher the temperature of the heating element (water in the bin) is. Programmable microcontroller PIC 16F676 handles the regulation. Other electronic blocks handle "protective" functions and regulator control (e.g. max. temperature control, water level control, state signalization and power supply of these blocks).

Keywords: Regulation, control voltage, heating element, PIC 16F676, "protective" functions, regulátor.

Obsah

Zdání bakalářské práce	2
Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Anotace	5
1. Úvod.....	7
2. Volba řešení zdroje	8
3. Realizace přístroje.....	10
3.1 Regulační část	11
3.2 Ochranná a signalizační část.....	12
3.2.1 Světelná signalizace.....	26
4. Návrh desky plošných spojů	28
5. Testování v praxi a popis problémů.....	31
5.1 Testování v domácích podmínkách	31
5.2 Testování na pracovišti	33
6. Postup při práci se zařízením	36
7. Normy a bezpečnostní opatření	38
8. Závěr	42
Seznam doporučené a citované literatury	43
Seznam obrázků.....	45
Seznam tabulek a grafů.....	46
Seznam příloh	47

1. Úvod

Jedním z hlavních účelů, díky kterým tato práce vznikla, byla renovace školní úlohy. Základem je napájecí napětí z počítačové karty nebo plynule regulovatelného zdroje napětí, které je přivedeno na vstup řízeného zdroje napětí. Tímto napětím bude možno řídit výstupní napětí, které je přivedeno na topné těleso. Tudiž malými hodnotami vstupního napětí řídit velké hodnoty výstupního napětí. Hlavním cílem tedy bylo zvolit vhodné realizovatelné řešení zapojení řízeného zdroje napětí. Dále pak vhodně zvolit jednotlivé rozšiřující a ochranné prvky. Například ochranné prvky hlídající teplotu vody a její přítomnost v měrné nádobě. V mém případě tyto prvky ochrany byly rovněž vyřešeny elektronickým zapojením. Další snahou při realizaci této úlohy bylo, aby byla snadno pochopitelná a srozumitelná pro uživatele, který bude se zařízením pracovat.

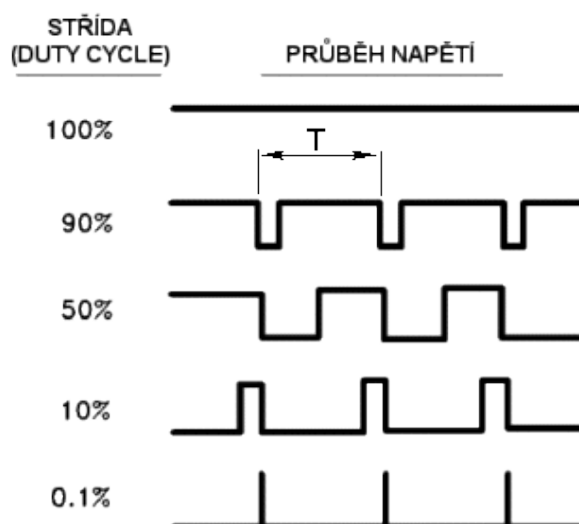
V následujících několika kapitolách bude nastíněn návrh a možná řešení provedení inteligentního řízeného zdroje napětí a jednotlivých ochran s ním spojených. Na úvod se podíváme na možná řešení a výběr obvodu pro realizaci řízeného zdroje napětí. Dále se seznámíme s principiální funkcí a s návrhem celého blokového schéma. Rozebereme jednotlivé bloky a popíšeme si jejich vlastnosti, funkce a realizaci jednotlivých bloků. S tím je spojena i volba a realizace signalizace při poruše nebo připravenosti zařízení. Dalším bodem je testování jednotlivých bloků zařízení po jejich zrealizování. Nejprve vyzkoušet a otestovat každou část zvlášť a nakonec jako celek. Snaha vytvořit, simulovat a testovat možné situace, které při práci se zařízením mohou nastat. Popis jednotlivých signalizačních stavů, které se mohou při práci objevit a jejich možná odstranění. V poslední řadě se budeme věnovat postupu při práci a manipulaci se zařízením. Jak postupovat při nastavování a zapojování jednotlivých bloků.

V průběhu práce se ještě seznámíme s možnou výrobou desky plošného spoje. Od kuprexitové desky s měděnou vrstvou, přes leptání, až po výsledný vzhled. Seznámíme s použitím ochranných prvků a volbou izolačních materiálů u vodičů. Na úplný závěr se seznámíme s elektrotechnickými normami, kterých jsem se snažil držet, aby zařízení těmto normám do jisté míry odpovídalo.

2. Volba řešení zdroje

Nejprve bylo nutné zvolit vhodné řešení samotného řízeného zdroje napětí, dále jen řízeného zdroje. Základním požadavkem bylo, abychom mohli napájet řízený zdroj řídicím napětím v požadovaném rozmezí 0 až 10 V, kterým budeme ovládat výstupní napětí. To se bude měnit v rozmezí 0 až 230 V. Další požadavek je na rušení. To znamená, že při práci se zařízením nebude a nesmí docházet k rušení jiných zařízení, které budou v okolí řízeného zdroje. V případě volby zapojení s krystalem zabránit nepříjemnému zvuku v podobě bzučení. Proto je nutné volit pokud možno takové frekvence, které lidský sluch neslyší a nebude tak nepříjemně působit při práci se zařízením. Případně co nejvíce potlačit tento nepříjemný zvuk.

Provedení řízeného zdroje bylo několik. Zmíním například PWM regulátor nebo spínaný zdroj. Rozhodování nastalo mezi PWM (Pulsně šířková modulace) a triakovým regulátorem. Nyní se stručně seznámíme s PWM regulátorem, který využívá PWM modulaci [5]. To nám v praxi umožňuje regulaci napětí od 0 do 100%. PWM regulátor se používá především pro regulaci otáček stejnosměrných motorů. Principem je spínání výkonového tranzistoru, který je ve spínacím režimu, pomocí PWM modulace. Princip funkce PWM modulace je na (Obr. 1).



Obr. 1 Průběh signálu pulsně šířkové modulace [11]

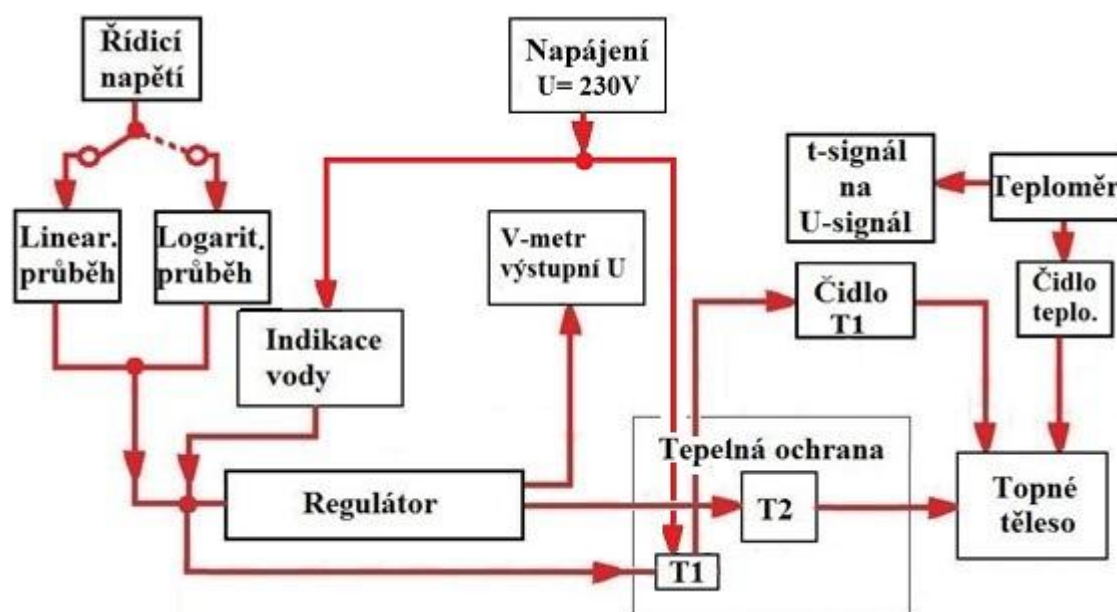
Díky tomu je vysoká výkonová účinnost a minimální výkonové ztráty. Další výhodou je jednoduchá konstrukce a výroba tohoto regulátoru a modifikovatelnost. Oproti tomu je hlavní nevýhodou kmitočtové rušení, které zde vzniká. Další nevýhodou je nutnost použití vhodného chladiče u vysoko výkonových tranzistorů.

I přesto jsem zvolil triakovou regulaci. Navíc i proto, že obvod, který je popsán v další kapitole, je odzkoušený a přímo určený pro tento způsob regulace. Tudiž v mém případě, jsem zvolil spínání triakem, který je pro maximální výkon 800 W. Pokud bychom chtěli spínat větší zátěž, bylo by nutné opět dle katalogových listů použít triak pro větší výkony. S tím souvisí i problematika s jeho chlazením. Což opět znamená volbu vhodné velikosti chladiče, popřípadě využití dochlazování ventilátorem, jako je to například řešeno ve stolním počítači. Toto řešení jsem zvolil jednak po konzultacích a dále pak pro jednodušší řešení připojitelných ochran, o kterých se zmíníme a popíšeme si je níže. Dále pak proto, že je opatřeno základními ochranami v podobě pojistky a galvanicky odděleným vstupem pomocí optočlenu, který odděluje řídicí napětí od silové části.

Pro shrnutí kladů a záporů, jsem zvolil triakovou regulaci výkonu. Zápolem bohužel je nutnost chlazení a vhodné zvolení velikosti chladiče, zapojení je určeno pro výkony okolo 800W a „bzučení“, které je dáno součástkou samotnou. Nevýhodou je nutnost ošetření výstupu tlumivkou a zabránit tak rušení. Naopak výhodou je, že za pomocí několika úprav můžeme na výstup připojit zátěž s větším výkonem. Regulace od 0% až 100%. Široké uplatnění pro regulaci topného tělesa a jiných tepelných spotřebičů. Či měnit jas u žárovek.

3. Realizace přístroje

V této kapitole bych se chtěl zabývat realizací celého přístroje. Seznámit se s blokovým schéma (Obr. 2) a ukázat si jednotlivé části přístroje i s příslušnými ochranami. Na obrázku níže (Obr. 2) je blokové schéma celého zařízení, které je rozděleno na třináct bloků. Z toho dvanáct bloků tvoří zařízení samotné spolu s jednotlivými ochranami. A dále blok s tepelnou ochranou je rozdělen na dva bloky T1 a T2.



Obr. 2 Blokové schéma celého zařízení

První blok tvořený řídicím napětím není součástí tohoto zařízení. Tato část se připojí k zařízení za pomoci dvojicí vyvedených svorek. Svorky jsou barevně označeny pro správné připojení kladného a záporného pólu. První dvojice svorek je pro lineární průběh a druhá dvojice svorek je pro průběh logaritmický. Ještě je zde přepínač, kterým si určujeme aktivní svorky s daným průběhem. Hlavní částí je zde blok se samotným řízeným zdrojem. Výstup je opatřen voltmetrem zobrazujícím aktuální hodnotu napětí, které je na výstupu z řízeného zdroje. Dále je výstup z řízeného zdroje připojen k bloku s tepelnou ochranou. Tento blok je rozdělen, jak již bylo zmíněno výše, na dva další pod bloky. První je ochranný termostat (T1) s čidlem, který je nastavitelný pomocí potenciometru opatřeného stupnicí a orientačním knoflíkem s tečkou. Tudiž si můžeme sami určit maximální teplotu, která se bude v nádobě udržovat a zároveň nesmí být překročena.

Oproti tomu pojistný ochranný termostat (T2) není vratný a po splnění své ochranné funkce, je třeba tuto součástku vyměnit. Ta je zde proto, aby plnila funkci havarijního termostatu. To znamená, že při překročení přípustné teploty vody, odpojí napájení do topné spirály. Tudíž je třeba zjistit příčinu přerušení této pojistky, kterou může způsobit selhání řídicí jednotky. Dále výstup z bloku termostatů je připojen k topnému tělesu do série. Blok teploměru s čidlem nám umožní sledovat teplotu kapaliny v nádobě a dále převádět tento teplotní signál na signál napěťový. Ten je opět vyveden pomocí barevně označených svorek k dalšímu případnému zpracovávání. Předposledním blokem je síťové napájení. To je upraveno na požadovanou napěťovou hodnotu a přivedeno k jednotlivým blokům, které je třeba samostatně napájet. Z blokového schéma (Obr. 2) je vidět, že blok s indikací vody přeruší řídicí napětí, nebude-li v měrné nádobě s topným tělesem voda. Vstupní napětí je tím pádem nulové a výstupní napětí do topného tělesa je též nulové. Stejným způsobem je ošetřena i ochrana hlídající teplotu vody. Opět při překročení maximální teploty dojde k odpojení vstupního řídicího napětí.

Nyní jsme se seznámili s řešením celého zařízení. Volbou jednotlivých prvků a ochrany. Se základní myšlenkou funkce celého zařízení. Nemá smysl se zde dále nějak podrobněji zabývat jednotlivými bloky, jejich funkcemi a jednotlivými řešeními elektronických i konstrukčních prvků. Jednotlivé části budou podrobněji rozebrány, popsány a jejich funkce vysvětleny v následujících kapitolách, které se budou těmito jednotlivými prvky a jejich problematikou, s nimiž jsou spojeny, zabývat.

3.1 Regulační část

Tato část je ze všech použitých částí celého zařízení nejdůležitější. Zajišťuje nám danou regulaci výstupního napětí závislého na vstupním řídicím napětí. Celé schéma je zobrazeno na (Příloha 1) a můžeme jej rozložit na několik částí, z nichž nejdůležitější je programovatelný procesor PIC 16F676, který je již průmyslově naprogramován tak, aby plnil svou funkci a pracoval tak, jak je pro tento případ potřebné. Dále je zde využíváno krystalu o frekvenci 10MHz. Zde byly obavy, aby nedocházelo k nežádoucímu rušení okolních zařízení, o kterém bylo zmiňováno výše. Což se během testování v laboratoři nepotvrdilo a k rušení nedochází. Vstup regulátoru je opatřen optočlenem, což je galvanické oddělení pro tento obvod. Chrání tak obvod

před poškozením. Další důležité prvky jsou trimry (RV1 a RV2). Ty slouží jako jistý druh kalibrace. V případě, že máme řídicí vstupní napětí nulové, je nutné nastavit, aby bylo i na vstupu nulové napětí. Naopak, bude-li vstupní řídicí napětí maximální, je třeba, aby i výstupní napětí bylo maximální. Toto zajistíme nastavováním jednotlivých trimrů (RV1 a RV2). Nejprve nastavíme trimr (RV1) proti směru hodinových ručiček plně a trimr (RV2) plně ve směru hodinových ručiček. Vstupní řídicí napětí nastavíme na 0 V. Poté trimr (RV1) nastavujeme tak, až zelená LED dioda bude rychle blikat. Nyní nastavíme maximální řídicí napětí 10 V a trimr (RV2) nastavíme do polohy, kdy bude zelená LED dioda svítit. Další částí je zde stabilizátor na 5 V, který napájí procesor. Jsou zde i dva synchronizační obvody, které zde plní funkci i jako obvody hlídací pro triak. Jak již bylo uvedeno výše, realizace je za pomoci triaku. Který je otevírák úhlově, dle výstupu z IO.

Celý regulátor je vybaven dvěma LED diodami, které signalizují provoz regulátoru a připojení topného tělesa. Další funkcí je, že po spojení jumperů (JP1 a JP2) dochází k opačné funkci celého obvodu. To znamená, že při nulovém vstupním řídicím napětí je na výstupu maximální hodnota napětí a naopak při maximální hodnotě vstupního řídicího napětí dostáváme na výstupu nulovou hodnotu napětí. Avšak tuto funkci v mém případě nevyužívám.

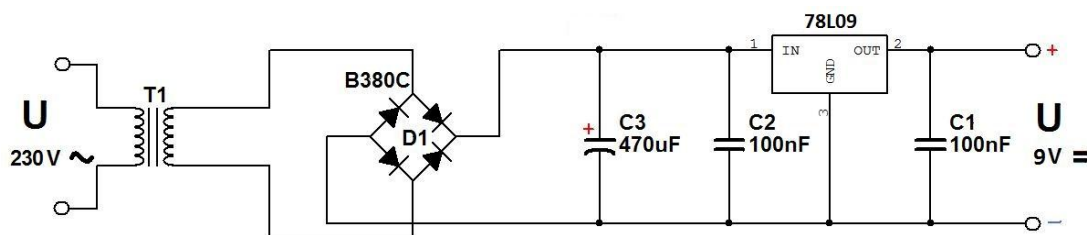
3.2 Ochranná a signalizační část

V této podkapitole se seznámíme s tvorbou a realizací jednotlivých ochranných a signalizačních prvků, které nám zde zajišťují ať už základní ochranu v podobě plastové krabičky, kde jsou veškeré elektronické části uloženy či složitější elektronické části. Dále pokročilejší části hlídající stav vody, provozní stav topného tělesa, teplotu vody, hodnotu výstupního napětí a kontrolu nežádoucího odpojení některého z připojitelných vodičů. To vše je ještě ošetřeno světelnou signalizací v podobě LED diod, podle kterých je možno určit, zda je vše v pořádku a připraveno k provozu. V opačném případě, ve kterém z hlídaných částí nastal nežádoucí problém. Veškeré ochranné části jsou sestaveny tak, aby byla zajištěna ochrana před nebezpečným dotykem na vysokém napětí a dále pak, aby nedošlo k neúmyslnému

poškození samotného přístroje případnou nepozorností či nedbalostí způsobenou lidským faktorem.

Jak už jsem se zmiňoval výše, základní ochrana je zde tvořena plastovou krabičkou a základní izolací jednotlivých vodičů, které přijdou do styku s lidským faktorem při jejich manipulaci během práce se zařízením. Po splnění těchto základních ochranných opatření, je nyní třeba vyřešit ochranu, která nám bude hlídat výšku hladiny v nádobě, respektive její přítomnost v měrné nádobě. Možnost zobrazovat teplotu kapaliny v nádobě a vybrat vhodnou ochranu hlídající teplotu vody v podobě výše zmíněných termostatů T1 a T2. Jelikož pro tuto situaci není žádoucí, aby voda dosahovala teploty varu. Ale spíše naopak, byla pod touto teplotní hranicí a nedocházelo tak ke zbytečnému vypařování vody z měrné nádoby během provozu topného tělesa. Na závěr umožnit zobrazení výstupního napětí, kterým je napájeno topné těleso. A docílit tak možnost sledovat změny výstupního napětí, které je závislé na vstupním řídicím napětí.

Prvním zmíněným problémem, což je hlídání výšky hladiny a její přítomnost v měrné nádobě, byl ošetřen ochranou v podobě elektronického zařízení indikujícího vodivé spojení v kontaktu s kapalinou. Celý obvod je napájen ze sítě. V této souvislosti bychom celé zapojení mohli rozložit na dvě části. První část tvoří jednoduché zapojení sloužící jako zdroj k napájení indikačního zařízení, které je na obrázku (Obr. 3).

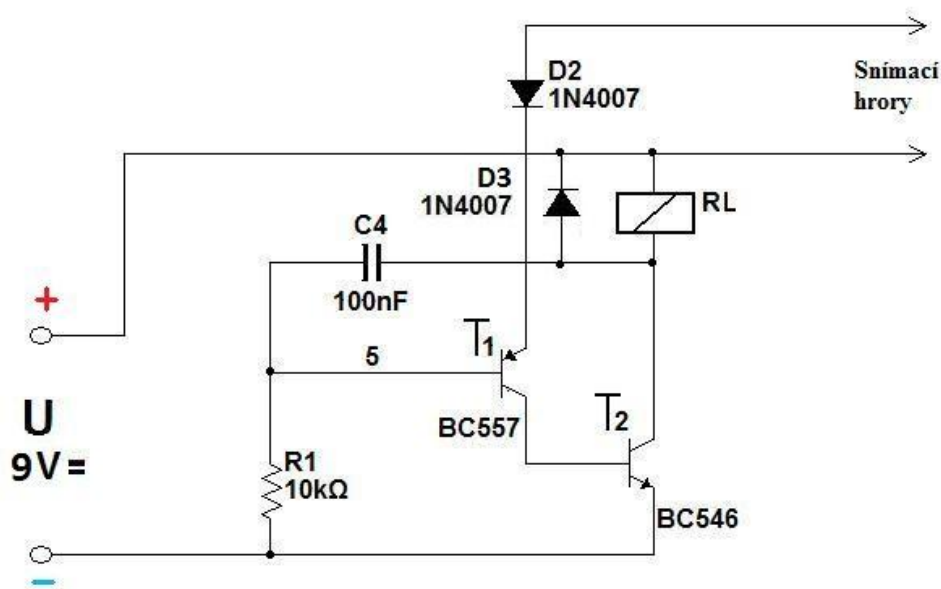


Obr. 3 Schéma napájení

Jak už je vidět z obrázku výše, celé je to napájeno síťovým napětím, které je střídavé 230 V / 50 Hz. Toto napětí je transformováno přes transformátor Tr1 (T1) a na výstupu je hodnota napětí stále střídavých, ale již přetransformovaných na 12 V / 0,6 VA. Transformátor jsem zvolil od výrobce Myrra a to díky jeho malým konstrukčním parametrům a dobrým vnitřním vlastnostem potřebných pro toto elektronické zapojení.

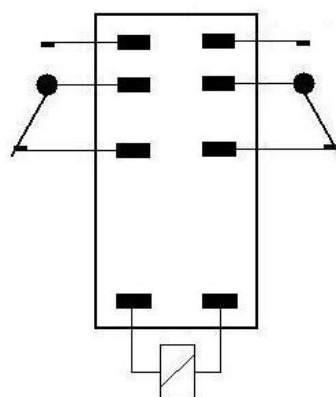
Transformátor je ještě opatřen nevratnou tepelnou pojistkou, která reaguje při teplotě $t_a = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tato tepelná pojistka uvnitř transformátoru je další z velmi dobrých a žádaných ochranných faktorů. Dále je třeba přes diodový Graetzův můstek (D1) střídavé napětí usměrnit na napětí stejnosměrné. Následně usměrněné napětí vyhlazujeme přes elektrolytický kondenzátor (C3). V poslední fázi celého procesu je ještě třeba usměrněné a vyhlazené napětí stabilizovat přes stabilizátor 78L09. Na jehož vstup a výstup jsou připojeny keramické kondenzátory (C1, C2). Nyní dostáváme na výstupu požadované usměrněné a stabilizované napětí s hodnotou 9 V, kterým je celý indikátor napájen. Ovšem není zde nutné používat stabilizátor 9 V, ale možné využít i stabilizátoru s jinými hodnotami stabilizačního napětí. Podle zvoleného stabilizátoru je třeba vhodně zvolit hodnotu odporů k napájení signalizačních LED diod. A také je třeba změnit relé s vhodným jmenovitým napětím na cívku.

Druhou část tvoří elektronické zapojení samotného indikátoru (Obr. 4). I toto zapojení není nijak složité. Vycházel jsem ze zapojení pro akustickou zkoušečku. Reproduktorovou část jsem nahradil reléovou částí s LED signalizací. Indikační část je napájena usměrněným napětím o velikosti 9 V. Výstup tvoří snímací hroty, které jsou vyvedeny na indikátor (Obr. 7), kterým se budeme podrobněji zabývat později.



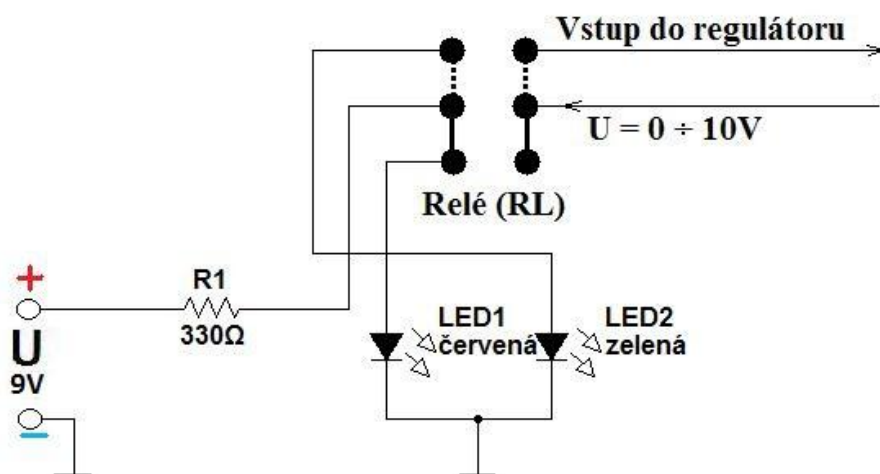
Obr. 4 Schéma zapojení indikující vodivé spojení

Avšak za zásadní prvek tohoto zapojení považuji reléovou část. Pro tento případ bylo zvoleno relé MZP A 002 42 10. Ovládací cívka je napájena 4, 52 V až 8,75 V. Typ kontaktu je 2 x přepínací. Hodnoty jmenovitého napětí jsou 250 V a jmenovitý proud činí 10 A. Životnost toho relé je udávána 10^5 cyklů pro elektrickou životnost a pro mechanickou životnost je to $5 \cdot 10^6$ cyklů. Pracovní teplota je v rozmezí od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Doba přitahu / odtahu je 10 ms / 5 ms. Provedení tohoto relé můžeme vidět na obrázku (Obr. 5), kde je pohled ze spodní části relé.



Obr. 5 Relé a pohled odspodu

Toto relé zde plní funkci, o které jsem zmiňoval v kapitole výše a to v souvislosti s popisem blokového schéma. Nyní se seznámíme blíže s jeho funkcí. Na obrázku níže (Obr. 6) je zapojení a principiální schéma funkce relé.



Obr. 6 Zapojení relé a jeho principiální funkce

Celé je to opět napájeno výstupním napětím ze stabilizátoru. Na vstupu je připojen odpor R1. Ten zde zajišťuje, aby LED diodami protékal katalogem udávaný maximální proud, který je 20 mA. V případě, že indikační hroty budou zkratovány vodou v měrné nádobě, relé sepne do pracovní polohy. Řídicím napětím bude možné řídit regulátor. Tento stav nám signalizuje zeleně svítící LED dioda. V případě, že hroty zkratovány nebudou, relé zůstane v klidové poloze a svítí červeně LED dioda. Řídicí napětí je odpojeno, tudíž je nulové a také výstupní silové napětí z regulátoru je nulové. Výstupní světelná LED signalizace je dalším výstražným prvkem. Tento stav nám signalizuje, že v měrné nádobě není voda.

Pro zjednodušení signalizace jsem zvolil dvojitou diodou se společnou katodou, která obsahuje zelenou a červenou LED diodu v jednom pouzdru. V mém zapojení svítí zeleně nebo červeně. Ovšem je možné ji nahradit za dvě samostatné LED diody. Tudíž je možné zvolit jakoukoliv velikost a barvu vyráběných a dostupných diod. Je nutné zachovat polaritu při zapojení a dbát na správné zapojení obou LED diod.

A ještě se změnou diod je třeba dbát na velikost odporu R1. Jeho hodnota bude závislá na proudu vybraných LED diod. Nutnost ověření parametrů LED diod z katalogového listu. Odpor si můžeme spočítat ze známého Ohmova zákona, kdy platí, že $R = U/I$. Kde U je naše napětí na vstupu, což je 9 V a I je proud LED diody udávaný v katalogových listech. Tím dostáváme výslednou hodnotu odporu R1.

Celé schéma je opět umístěno v plastové krabici. Odkud je vyvedena dvojice izolovaných vodičů, které jsou dále ještě uloženy v silikonové izolaci a na jejichž konci je připevněn hrot pro indikaci kapaliny. V našem případě vody. Ochrana silikonovou izolací je zde proto, jelikož voda bude dosahovat teplot blížících se k bodu varu a mohla by tak poškodit základní izolaci vodičů. Výstupní napětí na indikátoru není vysoké a tudíž ani nebezpečné, avšak není potřeba zbytečně riskovat. Dále by to mohlo vést k nežádoucím nebezpečným mechanickým poruchám, jako například k chybné signalizaci o provozu zařízení, či přítomnosti vody v měrné nádobě a jeho případné poškození při zapnutí topné spirále. Samotný indikátor je tvořen konektorem typu jack o průměru 6,3 milimetrů. Pro lepší představu o podobě indikátoru využijeme (Obr. 7), kde si můžeme provedení indikátoru prohlédnout podrobněji. Na (Obr. 7) vlevo je vidět provedení celého indikátoru využívajícího jack konektor. Snímací hroty jsou připojeny

ke konektoru a celý kabel je ještě uchycen kovovými packami, aby nedošlo k vytržení vodičů. Využil jsem zde rozdělení konektoru na dvě samostatné vodivé části. Při ponoření indikátoru do kapaliny dojde k požadovanému zkratu obou ploch. Konec indikátoru je z části schován pod smršťovací bužírkou tak, aby nezakrývala zcela hrot a mohlo dojít ke zkratu kapalinou. Důvodem proto toto opatření je fakt, že nádoba, v níž bude indikátor, je kovová. Tudíž by mohla nastat situace, kdy v nádobě nebude voda a indikátor bude ve zkratu díky kovové nádobě. Topná spirála tak bude hřát naprázdno a může tak dojít k různým poškozením nebo jiným nežádoucím komplikacím. Celé je to zakryto plastovou krytkou, která je na závit a opatřena několika drobnými dírkami. To aby v případě kompletního ponoření indikátoru do kapaliny mohla po jeho vynoření kapalina vytéci a nezadržovala se uvnitř plastové krytky indikátoru. V opačném případě může opět nastat situace, kdy hroty zůstanou zbylou kapalinou zkratovány a celé zařízení se chová jak má i když indikátor již není řádně ponořen v kapalině. Do jisté míry je zde možné hlídat výšku kapaliny. Což docílíme indikátorem a volbou velikosti ponoření do kapaliny v nádobě. Spíše si může určit hranici, pod kterou hladina kapaliny nesmí klesnout.

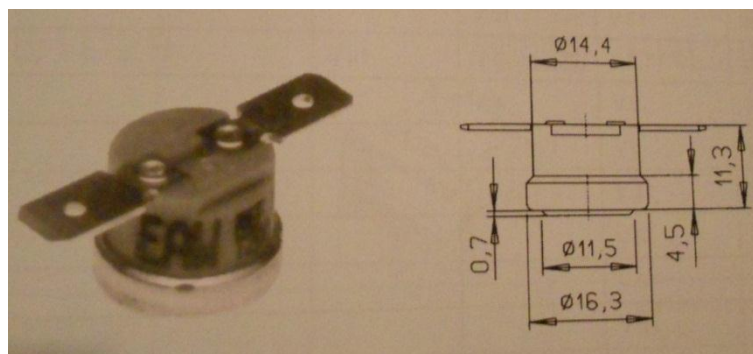


Obr. 7 Pohled na indikátor vody

Výsledná funkčnost indikátoru je tedy následovná. Bude-li voda v měrné nádobě, indikátor s hroty bude dostatečně ponořen pod vodní hladinou. Obě části indikátoru budou zkratovány vodivým prostředím kapaliny, jak jsem se již výše zmínil. Relé bude v sepnutém stavu, řízený zdroj bude připraven k provozu a topným tělesem budeme moci ohřívat a měnit tak teplotu vody. Nastane-li situace, kdy v nádobě s indikátorem voda nebude, nebudou tedy ani vodivé části zkratovány a tím pádem nebude možné s řízeným zdrojem pracovat. Ten totiž bude odpojen od řídicího napětí. To bude mít dále vliv na topné těleso, kterým nebudeme moci ohřívat vodu v nádobě. A voltmetr zobrazující výstupní napětí z řízeného zdroje bude ukazovat nulové výstupní

napětí. Relé nebude sepnuté v provozním stavu, ale ve stavu odpojení. Pro přehlednost je opět indikační zařízení ještě vybaveno LED diodovou signalizující v podobě zelené a červené barvy. Zelená nám zde značí připravenost a červená problém s kapalinou.

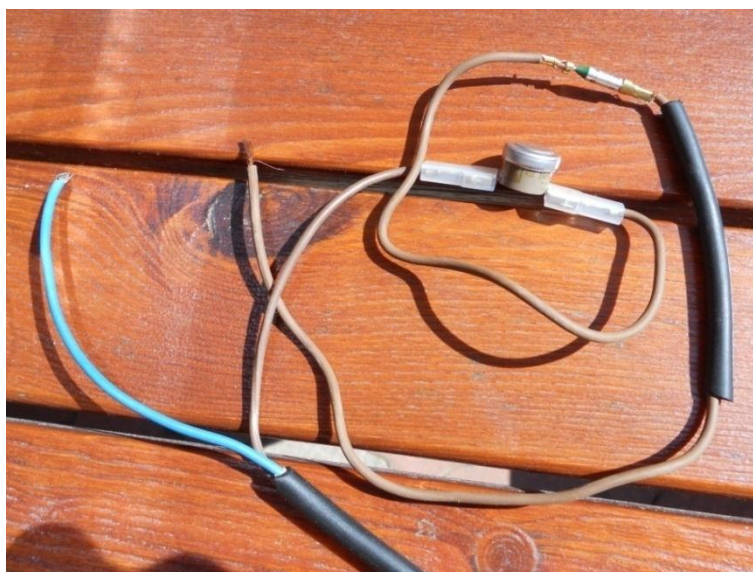
Výšku hladiny, respektive přítomnost vody v nádobě máme již ošetřenou. Nyní je třeba ošetřit hlídání teploty vody v měrné nádobě. Tuto funkci zde plní dva termostaty. Jak jsem se již zmínil výše, při popisu blokového schéma (Obr. 2). Nyní bylo nutné vyřešit a vhodným způsobem ošetřit ochranu, která bude vhodně hlídat teplotu vody. Tím pak tedy zamezit nadměrnému ohřevu vody topným tělesem. A zamezit dalším možným nebezpečným poruchám od rozehrátého tělesa. Dále pak bylo potřeba zvolit vhodný druh ochranných termostatů s danými parametry pro tento případ. Jako ochranný vratný termostat (T1) jsem zvolil typ KO1R0080. Pro lepší porozumění typu a názvu se podívejme na to, co jednotlivé znaky znamenají. Kde KO je typ kontaktu a pouzdra. V tomto případě jsou kontakty rozpínací a pouzdro plastové. První číslo, což je jednička, je provedení pouzdra (Obr. 8)



Obr. 8 Provedení pouzdra vratného termostatu

Písmeno R je pro provedení uchycení termostatu. První nula zde značí provedení čepičky, která je zde z hliníkového materiálu a je uzavřená. Poslední tři číslice je hodnota teploty, při které termostat rozepne kontakty. Životnost toho termostatu se uvádí okolo 100 000 cyklů/ 10A. Druhým termostatem (T2) je nevratný termostat. Ten jsem zvolil TC 098. Kdy opět TC je označení pro pouzdro. Číslo označuje opět jmenovitou teplotu, při které termostat zareaguje. Při překročení jmenovité teploty dojde k trvalému přerušení pojistky a je nutné jej vyměnit za nový.

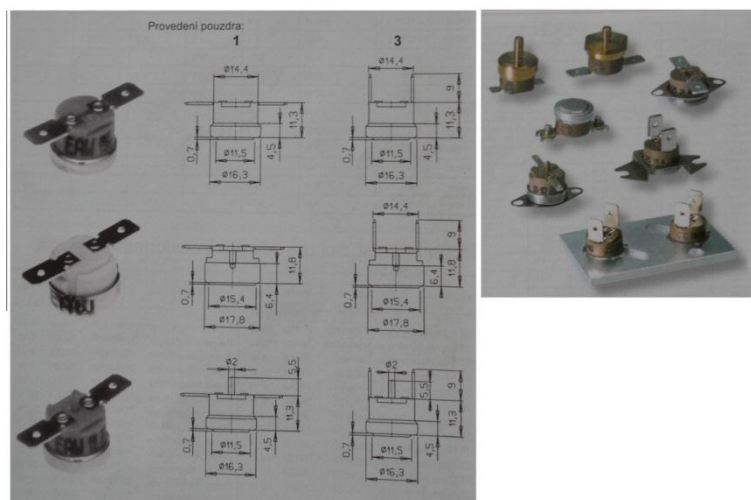
Podívejme se nyní podrobněji na plnění funkce obou ochranných termostatů. Jak je vidět z blokového schéma (Obr. 2) oba ochranné termostaty byly zapojeny v sérii. První byl ochranný vratný termostat (T1), který hlídal teplotu topného tělesa. Při dosažení teploty 80 °C ochranný termostat rozeptne kontakty a tím odpojí topné těleso a to přestane hřát. Ve chvíli, kdy dojde k ochlazení a pokles teploty pod 80 °C, ochranný termostat opět sepne kontakty a topná spirála může opět začít ohřívat vodu. Druhý ochranný termostat, havarijní, (T2) je nevratný a slouží jako ochrana pro termostat (T1). Pokud by došlo k poškození ochranného termostatu (T1) nebo k proražení triaku, který tak způsobí nárůst napětí pro napájení topného tělesa na maximální hodnotu. To vede k odpařování vody a dále k velkému žhavení tělesa, což může vést k poškození zařízení. A dále pak by to mohlo vést v krajních případech až k nebezpečnému požáru. Právě proto je zde havarijní termostat (T2), který zabraňuje v tom, aby tato situace nastala. Po splnění své jistící a ochranné funkce odpojí topné těleso od napájecího napětí, to přestane hřát a rozsvítí se červená LED dioda. V tomto případě je nutné havarijní termostat (T2) nahradit novým a zařízení znovu spustit. Podívejme se ještě na (Obr. 9).



Obr. 9 Zapojení ochranných termostatů s výstupem na topné těleso

Hodnoty ochranného termostatu (T1) a havarijního (T2) jsou zvoleny pro naše zadání, tak jak jsou výše uvedeny. Avšak i zde je možné použít termostaty s jinými hodnotami, které budeme chtít dodržet. Tím pádem je celá tato ochranná část založena na požadavku maximálního ohřevu vody topným tělesem. Pokud budeme chtít reakci na teplotu vody s nižší nebo naopak s vyšší hodnotou je nutné zvolit termostaty (T1 a T2)

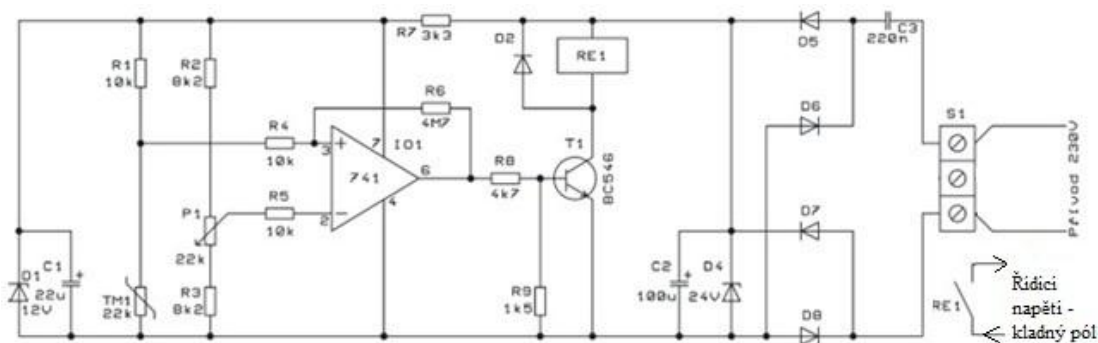
s požadovanou hodnotou. Proto se můžeme podívat pro lepší představu a pro ilustraci na (Obr. 10).



Obr. 10 Další možná konstrukční provedení termostatu

Na tomto obrázku výše je možné vidět další možná konstrukční řešení jednotlivých termostatů, spolu s jejich vývody a jednotlivými provedeními pouzder na obrázku vedle. Levá část (Obr. 10) zobrazuje pouzdra, která jsou z různých materiálů a dále pak řešení vývodů. Pro lepší představu o jednotlivá provedení termostatů v reálném zapojení slouží pravá část (Obr. 10).

Ovšem toto zapojení termostatů nám neumožní případnou změnu maximální hodnoty teploty v nádobě, která nesmí být překročena. Proto jsem vratný termostat T1 nahradil schématickým zapojením (Obr. 11), které mi toto umožnilo.



Obr. 11 Schéma nastaviteľného regulátoru teploty

Regulátor teploty je zařízení, které samočinně udržuje nastavenou teplotu a plní zde funkci tepelné pojistky. Teplotním čidlem je termistor s malou hmotností, který zaručuje malou tepelnou setrvačnost. Regulace teploty je nastavitelná pomocí potenciometru v rozsahu 10 až 90 °C. Celé zařízení je napájené přímo ze sítě 230 V přes kondenzátor C3, který zde slouží jako předřadný odpor. Za tímto kondenzátorem následuje diodový usměrňovač poskládaný z diod D5 až D8. Zenerova dioda D4 stabilizuje napětí 24 V pro napájení cívky relé RE1 (kontakty 3 A/230 V). Přes omezo-
vací rezistor R7 je napájena další Zenerova dioda D1, která stabilizuje napájecí napětí pro regulační můstek a komparátor IO1. Regulační můstek je sestaven z R1, R2, R3, potenciometru P1 a termistoru TM1. Termistor je součástka, která mění svůj odpor vlivem změny okolní teploty. Při zvyšování okolní teploty se odpor termistoru zmenšuje a naopak. Tohoto jevu se využívá k regulaci teploty v úhlopříčce regulačního můstku je přes snímací rezistory R4 a R5 zapojen komparátor IO1, který vyhodnocuje stav napětí na můstku. Pokud je můstek rozvážený, tak výstup komparátoru je v kladné saturaci, relé je sepnuto a topné těleso je připojeno k výstupnímu napětí z regulátoru. Až teplota dosáhne nastavené hodnoty, napětí na můstku se vyrovná a komparátor přejde do záporné saturace a relé odpojí vstupní řídicí napětí, které přivádíme na vstup regulátoru.

Přesněji řečeno kontakty relé přeruší kladný přívodní vodič v případě překročení nastavené maximální teploty. Na výstupu z regulátoru nebude žádné napětí a tím se přestane napájet topné těleso. Po vychladnutí topného tělesa pod nastavenou hodnotu relé opět sepne kontakty a na vstup bude opět přivedeno vstupní řídicí napětí. Rezistorem R6 ve zpětné vazbě se nastavuje hystereze komparátoru. Odpor tohoto rezistoru se může pohybovat od 100 K Ω do 10 M Ω . Čím větší bude odpor, tím bude reakce na změnu teploty rychlejší a regulátor citlivější. Na výstup komparátoru je přes dělič R8 a R9 zapojen tranzistor T1, který spíná cívku relé. Dioda D2 zapojená paralelně k cívce chrání tranzistor proti indukčním špičkám, které vznikají na cívce relé. Požadovanou teplotu nastavujeme potenciometrem P1.

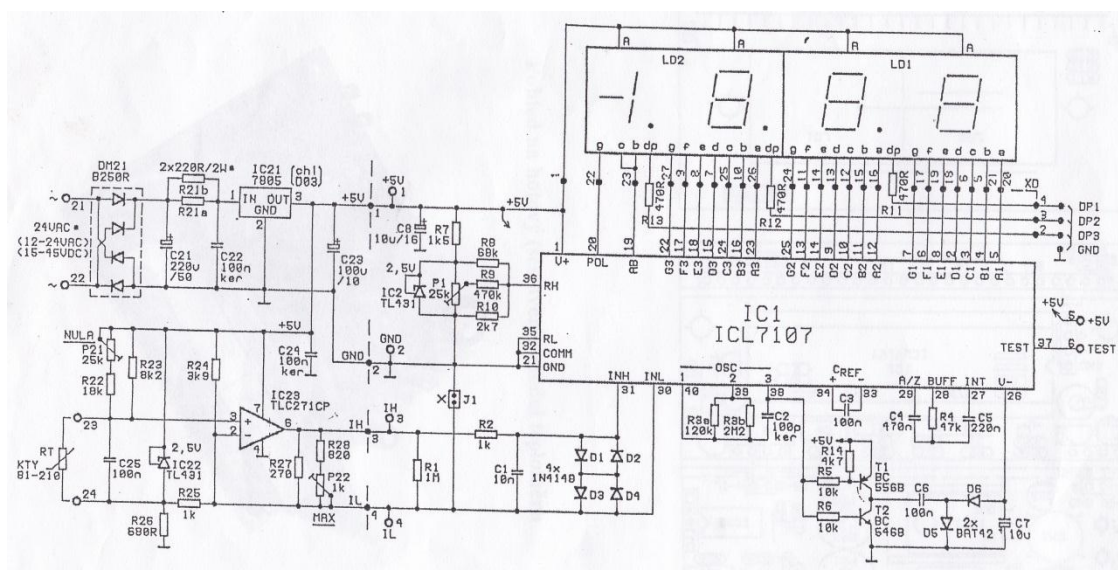
Nyní, když už je možnost nastavení maximální teploty v nádobě, bylo ještě třeba zajistit zobrazení teploty. To mi zde zajišťuje digitální teploměr (Obr. 12). Zapojení modulu vychází z doporučeného zapojení milivoltmetru s ICL7107. Pro získání vyšší teplotní stability je toto zapojení doplněno o vnější zdroj referenčního napětí s TL431. Modul může být napájen jak stejnosměrným, tak střídavým napětím neboť obsahuje i

usměrňovač. Napájecí napětí je stabilizováno integrovaným obvodem LM 7805. Tomuto obvodu jsou předřazeny srážecí odpory R21a a R21b, které se používají v případě vyššího napájecího napětí pro snížení tepelného namáhání integrovaného obvodu LM7805. Při nižších hodnotách napájecího napětí lze tyto odpory nahradit propojkou (Tab. 1).

Tab. 1 Volba hodnoty vstupních rezistorů dle velikosti napájecího napětí

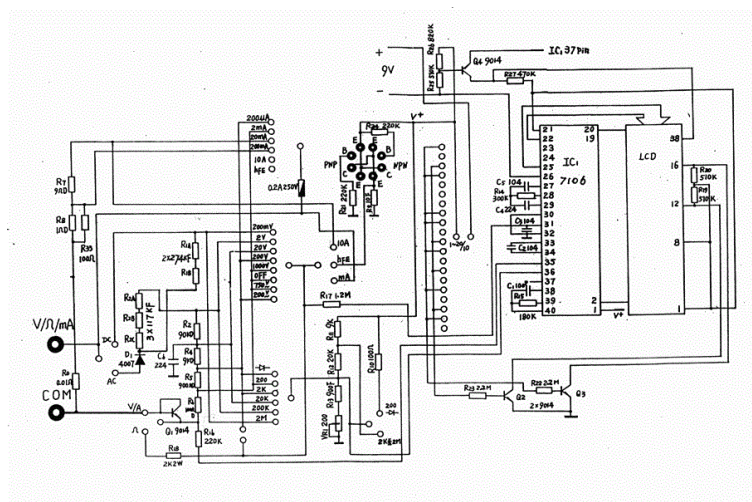
U _z [V]		R21a	R21b
ss	st		
9 až 11	8 až 9	0	0
11 až 15	9 až 12	47R/0,6W	47R/0,6W
15 až 22	12 až 17	82R/0,6W	82R/0,6W
22 až 30	17 až 24	220R/2W	220R/2W

Záporné napětí pro integrovaný obvod ICL7107 je vytvářen pomocí T1, T2, D5 a D6. Referenční napětí pro ICL7107(100mV) se nastavuje trimrem P1. Na vstupu milivoltmetru je přivedeno napětí z převodníku teplota/napětí tvořeného teplotním čidlem KTY81-210 a integrovaným obvodem TLC271. Převodník se nastavuje ve dvou bodech: trimrem P21 se nastavuje nulové napětí při měřené teplotě 0°C (čidlo ponořeno v ledové tříšti) a trimrem P22 se nastavuje 100mV při teplotě 100°C (čidlo ponořeno ve vařící vodě). Zobrazení příslušné desetinné tečky se provádí propojením patřičného vývodu s GND. Kontrolu svitu všech segmentů displeje můžeme provést propojením vývodu TEST s +5V.



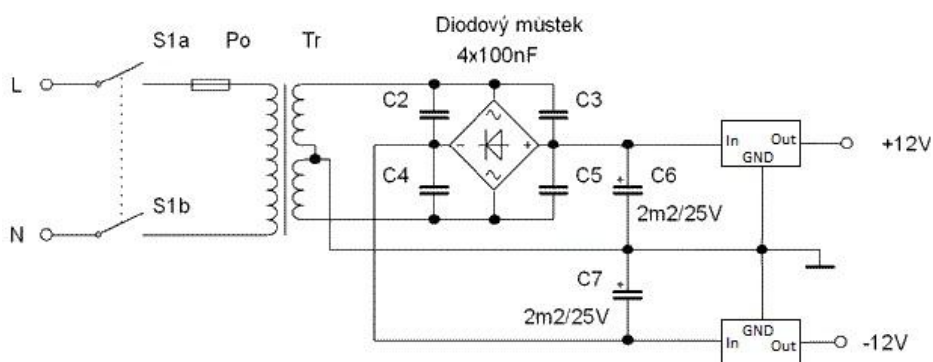
Obr. 12 Schéma digitálního teploměru

Dalším zobrazovacím prvkem je zde voltmetr (Obr. 13). Ten je připojen na výstupu z řízeného zdroje a tak umožňuje sledovat hodnotu výstupního napětí. Voltmetr je zde opět napájen 9 V z napájecího zdroje (Obr. 3). Využil jsem zde digitálního voltmetru, který jsem uzpůsobil pro potřeby tohoto zařízení. Volba měřících svorek je taková, abychom z multimetru získali žádaný voltmetr, měřící střídavé napětí s měřícím rozsahem do 750V, které tento multimetr umožnil.



Obr. 13 Schéma multimetru [9]

Posledními částmi jsou zde logaritmický zesilovač, zesilovač napěťového signálu z teploměru a symetrické napájení pro oba zesilovače. Všechny tyto tři části jsou na samostatných kuprexitových deskách. Začneme symetrickým napájením pro desky s operačními zesilovači (Obr. 14).

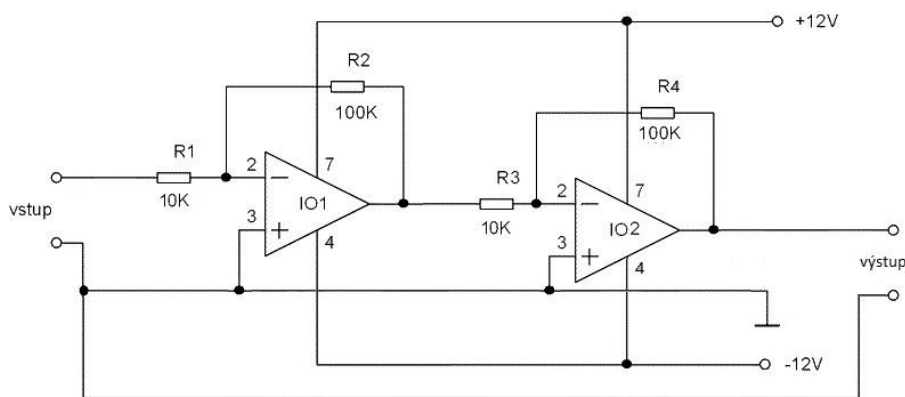


Obr. 14 Schéma symetrického napájení zesilovačů

Celé schéma je opět napájeno ze sítě. Síťové napětí je transformováno přes transformátor s vyvedeným středem na sekundáru. Dále pak přes diodový můstek usměrněno a vyhlazeno pomocí kondenzátorů. Nyní již stejnosměrné napětí je ještě

stabilizováno pomocí stabilizátoru na požadovanou hodnotu 12 V. A jelikož je třeba napájet operační zesilovač ještě záporným napětím, je zde i stabilizátor pro záporné napětí. Tím dostáváme stabilizovaný napájecí symetrický zdroj ± 12 V, kterým napájím zbylá dvě schéma, na která se nyní podíváme a rozebereme si je.

Jedním z dalších požadavků byla možnost, převést teplotní signál z nádoby na napěťový signál a přivést ho na výstupní svorky. Tento převod mi umožňuje již výše zmíněný digitální teploměr. Ovšem toto výstupní napětí je příliš malé, pohybující se v desítkách milivoltů. Proto bylo třeba toto napětí zesílit a pokud možno upravit tak, aby se měnilo v rozmezí 0 až 10 V v závislosti na teplotě naměřené digitálním teploměrem (0 až 100 °C). Zesilovač je realizován sériovým zapojením dvou invertujících zesilovačů s výsledným zesílením $A_u = 100$. Výsledné schéma zesilovače je na (Obr. 15).

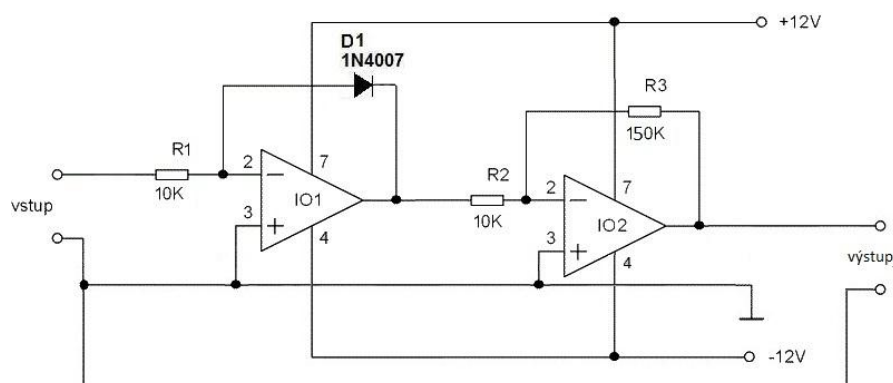


Obr. 15 Schéma zapojení zesilovače napětí

Jak už jsem se zmínil výše, jedná se sériové zapojení dvou invertujících zesilovačů. Kde zesílení je určeno ze vztahu pro výpočet zesílení $A_{u1} = -\frac{R_2}{R_1}$, $A_{u2} = -\frac{R_4}{R_3}$ a celkové zesílení se pak rovná součinu A_{u1} a A_{u2} . Tudíž výsledné zesílení je $A_u = 100$. Vstupem je zde napěťový signál z teploměru. Výstup je vyveden na svorky pro další práci s tímto signálem a celé schéma je napájeno ze symetrického napájecího zdroje (Obr. 14).

Poslední schéma je logaritmický zesilovač (Obr. 16). Volbou obvodu pro realizaci této funkce bylo opět zvoleno sériové zapojení dvou invertujících zesilovačů

s tím rozdílem, že ve zpětné vazbě u IO1 (Obr. 16) je namísto odporu R2 zařazena dioda D1.

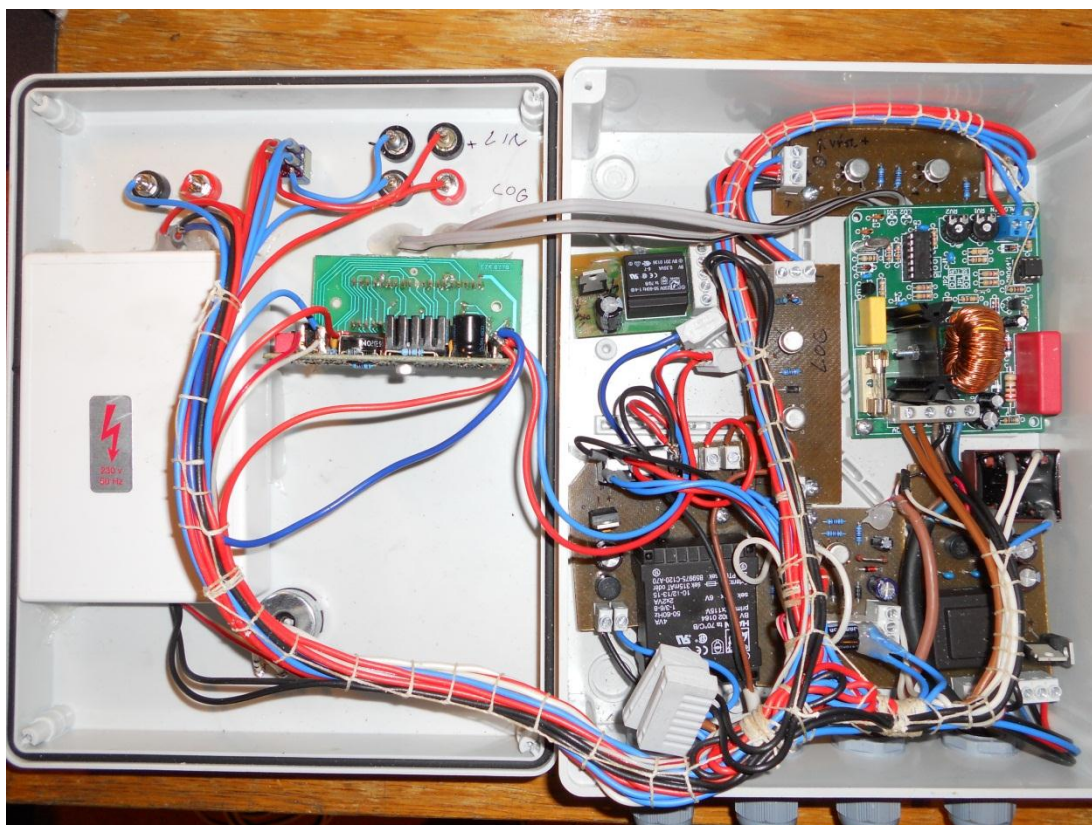


Obr. 16 Schéma logaritmického zesilovače napětí

Pro zrealizování logaritmického zesilovače bylo třeba nahradit rezistor ve zpětné vazbě prvkem s logaritmickou volt-ampérovou charakteristikou. Takovou charakteristiku má polovodičový p-n přechod křemíkové diody, která nahradila již výše zmíněný rezistor. Proud procházející D1 má exponenciální závislost danou $I_d = I_{d0} \left[\exp \left(n \frac{U_o}{U_r} \right) - 1 \right]$. Kde I_{d0} je zbytkový proud diodou v závěrném směru, U_r je tzv. tepelné napětí $U_r = \frac{kT}{q}$ (k je Boltzmannova konstanta, T teplota diody, q elementární náboj), U_o je napětí na diodě a n je konstanta daná konstrukcí diody ($n = 1$ až $0,5$). Pro napětí na diodě, pro něž $\exp \left(n \frac{U_o}{U_r} \right) \gg 1$, je závislost výstupního napětí na napětí vstupním podle vztahu $U_o = -f \left(\frac{U_1}{R1} \right)$ logaritmická. Druhý operační zesilovač je opět zapojen jako invertující zesilovač, aby obrátil a zesílil výstupní napětí z logaritmického zesilovače. Tak dostaneme kladnou hodnotu zlogaritmovaného a zesíleného napětí. Výstup z logaritmického zesilovače (Obr. 16) je připojen na přepínač a odtud je připojen na vstup do řízeného zdroje.

Výsledné zrealizování a spojení jednotlivých bloků umístěných v ochranné krabici (Obr. 17). Jednotlivé desky plošných spojů jsou uchyceny pomocí šroubků ke dnu krabice. Tím je zamezeno nežádoucímu pohybu desek vně krabice. A zajištění ochrany při přenosu a manipulaci s ní. Pro lepší přehlednost a orientaci jsou veškeré vodiče svázány dohromady. V levé části obrázku (Obr. 17) je pohled na víko ze spodu, ke kterému je upevněn voltmetr, teploměr, vstupní a výstupní svorky.

Vpravo je pohled dovnitř krabičky. Rozložení jednotlivých desek plošných spojů a čtyři svorky pro vodič s čidly, výstup pro připojení topné spirály, přívodní síťový vodič a vodič s čidlem. Svorky jsou opět opatřeny stahovacím závitem zabraňujícím vytržení jednotlivých vodičů.



Obr. 17 Zrealizované zapojení celého zařízení

3.2.1 Světelná signalizace

V této kapitole se ve stručnosti podíváme na řešení světelné signalizace a jejímu významu. Blíže se tímto problémem budu zabývat v další kapitole. Jak je vidět z obrázku (Obr. 18), na kterém je zobrazeno víko celého zařízení s výstupními a vstupními prvky, je signalizace řešena LED diodami. Pro zobrazení stavu řízeného zdroje jsou zde LED diody dvě. A to červená, zobrazující problém na regulátoru a zelená, která zobrazuje připravenost regulátoru. Zelená LED dioda dále ještě bliká ve frekvenci, jež je závislá na velikosti vstupního napětí. Další světelný prvek je LED

dioda pro zobrazení přítomnosti vody v nádobě. Jak už bylo řečeno výše, tato LED dioda obsahuje 2v1 LED. V případě přítomnosti vody v nádobě tato dioda svítí zeleně. V opačném případě, kdy v nádobě není voda, svítí dioda červeně. Velikost všech třech diod je volena tak, aby jejich signalizace byla dobře viditelná při práci se zařízením. Dále je jejich velikost volena dle konstrukčních parametrů z katalogu. To by bylo k realizaci světelné signalizace toho zařízení vše. O jejich přesnější funkci a světelném významu si povíme, jak už jsem říkal, v další kapitole, kde to bude celé vysvětleno při používání v praxi.



Obr. 18 Pohled na víko se zobrazovacími prvky

4. Návrh desky plošných spojů

Nyní se stručně seznámíme s popisem návrhu desky plošných spojů za pomoci návrhového procesu, podle kterého jsem postupoval. Seznámíme se s několika základními kroky při výrobě, a co je třeba dodržet, během výrobního postupu. Deska plošných spojů pro řízený zdroj napětí, digitální teploměr a voltmetr byly průmyslově vyrobeny. Ty stačilo jen správně osadit součástkami. Zbylé desky plošných spojů jsem si navrhl a vyrobil sám.

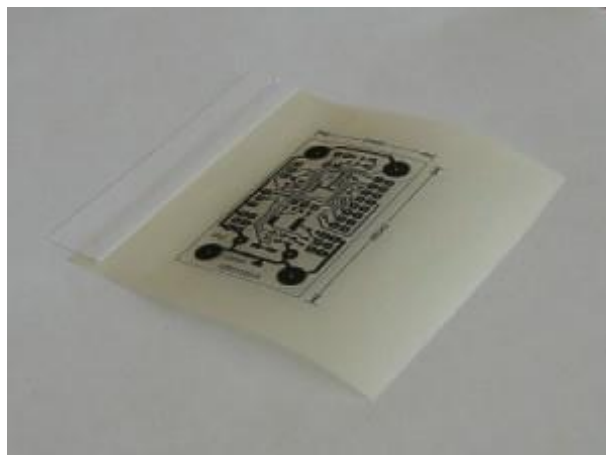
V první řadě je nutné zvolit desku, která je z kuprextitu a je z jedné strany potažena tenkým plátem mědi. Dále je třeba, aby deska měla požadovanou velikost pro daný elektronický obvod. Desku s rozvrženými rozměry jsem na pákových nůžkách ořízl a nechal pro jistotu o něco málo větší. Zhruba o 2- 4 mm. U takto zhotovené desky ještě srazíme hrany, aby během další manipulace nedošlo k poranění rukou.

Než celý proces začneme, je nutné celou desku očistit. Jelikož vrstvička mědi nebývá vždy dokonale čistá, ale bývá mastná a zoxidovaná. Po očištění ještě desku opláchneme a osušíme (Obr. 19).



Obr. 19 Očištění desky ze strany s vrstvou mědi [10]

Dalším bodem je vytvoření předlohy. Nejčastěji se pro tyto účely využívá pauzovací papír, na který se pomocí zrcadlového tisku motiv vytiskne (Obr. 20).



Obr. 20 Vytištěná předloha na pauzovací papír [10]

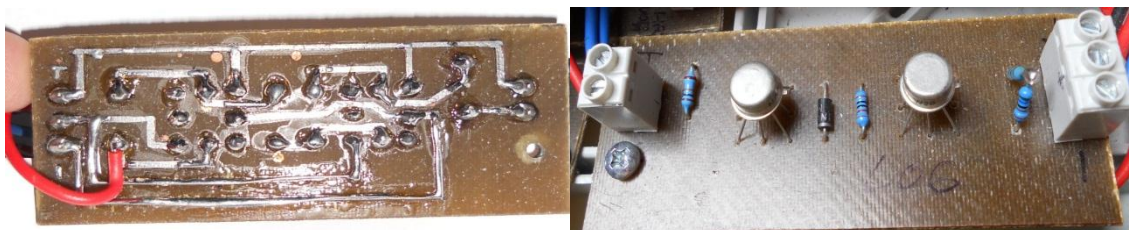
Zrcadlení je zde proto, abychom při překreslování předlohy na stranu s mědí dostali požadovanou stranu desky s vodivými cestami. Jinak by mohlo dojít ke změně orientace pro zdroj napájení a zbytečným komplikacím. Z tohoto důvodu je nutné dávat pozor při tisku předlohy. Tuto předlohu překreslíme na již očištěnou desku s vrstvičkou mědi.

Jedním z posledních bodů výrobního procesu je leptání desky. To se provádí v chloridu železitém FeCl_3 . Nejčastějším způsobem je využití plastové nádoby s chloridem železitým (Obr. 21). Na hladinu tohoto roztoku pak položíme naši desku a to tak, aby byla strana s mědí v kontaktu s roztokem. Čímž dochází k rychlejšímu a efektivnějšímu odleptání vrstvičky mědi, než kdyby byla ponořena na dně. Pokud pokládáme desku ručně na hladinu, musíme být opatrní, aby se pod deskou nevytvářely bublinky. Ty zabraňují v leptání nežádoucí vrstvičky mědi. Doba délky leptacího procesu je závislá na koncentraci chloridu železitého. Pokud je roztok nový, doba leptání je krátká. Ovšem je-li roztok používán vícekrát, leptání tedy trvá o něco déle. Po vyjmutí z lázně je třeba opět desku řádně opláchnout vodou a čisticím prostředkem. Tím odstraníme zbylý roztok.



Obr. 21 Leptání desky v chloridu železitém [10]

Takto zhotovená a očištěná deska je již téměř připravená pro osazení součástkami. Zbývá ještě vrtákem (o průměrem 1mm) udělat díry pro osazované součástky. Díry začistíme spolu s deskou od nečistot vzniklých během vrtání. Nyní můžeme desku osadit a zaletovat součástky. Na závěr ještě jednotlivé cesty potáhneme tenkou vrstvou rozehráté pájky. Tím zabráníme zoxidování měděných spojů. Výsledná deska plošných spojů je vidět na (Obr. 22).



Obr. 22 Deska plošných spojů (Osazená)

Kde v levé části je pohled na jednu z desek plošných spojů ze spodní strany. A v pravé části je pohled ze strany, která je osazena součástkami a orientačním popisem pro připojení vodičů ke správným vývodům. Podle výše uvedeného postupu jsem zhotovil i zbylé desky plošných spojů, kterých bylo třeba vyrobit pět. Konkrétně se jednal o symetrické napájení, zesilovač napětí, logaritmický zesilovač napětí, napájecí zdroj napětí 9V s indikací a regulátor teploty.

5. Testování v praxi a popis problémů

Před finálním zapojením a odzkoušením celého zařízení, bylo nejprve nutné jednotlivé části odzkoušet samostatně. Vyzkoušet jak řízený zdroj, tak jednotlivé elektronické a ochranné prvky. Tyto zkoušky se dělaly proto, aby bylo možné zjištění požadované funkce pro danou část. Také pak proto, aby nedošlo k nežádoucímu poškození zbylých částí zařízení v důsledku špatně navržené ochranné části. Ale hlavně, aby bylo dosaženo plnění požadované funkce dané části zařízení. Dále pak tímto testováním a zkoušením odhalit případné potíže či problémy, které by mohly během používání v praxi nastat. Snahou bylo tyto faktory odstranit nebo je aspoň co nejvíce potlačit, aby bylo možné celý měřicí proces provádět co nejplynuleji a bez obtíží.

5.1 Testování v domácích podmínkách

Po vytvoření celé regulační části, která je tvořena naším řízeným zdrojem, bylo třeba provést několik provozních testů. Jedním ze základních testů byla funkčnost samotná. Ovšem nejprve bylo nutné ověřit správnost osazení desky a dodržení polarity u daných součástek. Následovalo připojení do sítě, kterým byla ověřena správnost osazení, jak již bylo zmíněno výše. Nyní se mohlo přejít k mnohem důležitějšímu testu a to testu hlavní funkce řízeného zdroje. To znamená přivedením řídicího napětí na vstupní svorky regulátoru a sledováním změny výstupního napětí pomocí měřicích hrotů voltmetru. Jako voltmetr jsem použil Metex M-3270D, který pro tyto účely posloužil výborně. Jako řídicí napětí jsem použil stejnosměrný nastavitelný zdroj napětí. Na němž jsem nastavoval hodnoty vstupního řídicího napětí v rozmezí 0 V až 10 V a sledoval na voltmetru výstupní napětí, zda se mění v závislosti na vstupním napětí. Když se ukázalo, že funguje dle očekávání, bylo ještě nutné pomocí trimrů kalibrovat obě napětí. Tím je myšleno, aby při nulovém vstupním napětí byla i tato hodnota napětí na výstupu a dále pak, aby při maximální hodnotě vstupní hodnoty napětí byla i na výstupu příslušná maximální hodnota napětí.

Nyní bylo nutné odzkoušet zbylé části zařízení. Dalším prvkem, který bylo třeba odzkoušet, byla deska s napájením, kde ze síťového napětí 230 V dostaneme usměrněné stabilizované napětí 9 V. V tuhle chvíli, kdy mám funkční 9V zdroj, přišlo na řadu odzkoušení teploměru a voltmetru. S teploměrem zde nebyl žádný problém, akorát byla třeba jej kalibrovat. Spolu s teploměrem byl zároveň odzkoušen regulátor teploty. Aby v případě překročení nastavené teploty regulátor rozepnul a po vychladnutí opět sepnul. Na závěr ještě vytvořit teplotní stupnici pro potenciometr regulátoru teploty. Problém byl s voltmetrem, který zpočátku neměřil jak má. Tento problém byl odstraněn přidáním galvanického oddělení ke zdroji určeného pro napájení voltmetru. V poslední řadě bylo třeba odzkoušet bloky s operačními zesilovači a jejich napájení. Nejprve se vyzkoušelo napájení samotné, kde je na výstupech třeba mít napětí +12 V proti zemi a -12 V rovněž proti zemi. Proto se ještě na výstup přidaly stabilizátory. I tento zdroj rovněž fungoval dle očekávání. Tudíž se mohlo přejít na zkoušení zesilovače napětí a na logaritmický zesilovač. Jediným problémem, byla vhodná volba odporů. Ty byly voleny dle výše zmíněného vzorce, abych docílil žádaného zesílení či logaritmování výstupního napětí. Dále dodržet polaritu a označení vývodů u operačních zesilovačů. Oba obvody fungovaly dle představ jak samostatně, tak i po připojení ke zhotovenému napájecímu zdroji.

Jednotlivé části byly odzkoušeny samostatně, nyní bylo třeba je zkompletovat do jednoho celku, který je třeba rovněž odzkoušet a prověřit, zda se vše chová tak jak má a jak se požaduje. Tato zkouška byla rozdělena na dvě části. V první části bylo celé zařízení odzkoušeno a otestováno mimo krabičku. V druhé části se celé zařízení vložilo a upevnilo do krabičky a opět se odzkoušela správná funkčnost. Toto se provádělo proto, aby byla jistota, že vše funguje jak má ještě před tím, než se celé zařízení vloží do krabičky. Zařízení bylo testováno tak, jak s ním bude poté pracováno na určeném pracovišti. Reakce na přítomnost vody v nádobě, kontrola teploty vody a dále pak hodnoty výstupního napětí, dle zvoleného vstupu. Všechny základní testy na funkčnost, které jsem ve svých podmínkách se zařízením provedl, splňovaly veškeré požadavky. Proto bylo ještě nutné zařízení odzkoušet a proměřit v podmínkách, v kterých se bude se zařízením v laboratoři pracovat. Na tento problém se podíváme v následující podkapitole.

5.2 Testování na pracovišti

Nyní bylo nutné, ještě celé zařízení otestovat přímo v laboratoři, kde bude umístěno, a kde se s ním bude pracovat. Plynule regulovatelný zdroj napětí se připojil na vstup zařízení (nejprve na lineární vstup a pak na vstup logaritmický), aby bylo možné nastavovat požadované řídicí napětí v rozmezí 0 V až 10 V. Na výstup bylo připojeno topné těleso o výkonu 800 W, které bylo v kovové měrné nádobě spolu s čidly pro měření teploty vody v nádobě. Pro ověření celé funkčnosti zařízení proběhlo měření závislosti výstupního napětí na vstupním napětí. Celé měření bylo rozděleno na dvě části. První měření bylo pro lineární závislost (Tab. 2) a druhé pro logaritmickou závislost (Tab. 3).

Tab. 2 Naměřená závislost výstupního napětí na vstupním (lineární závislost)

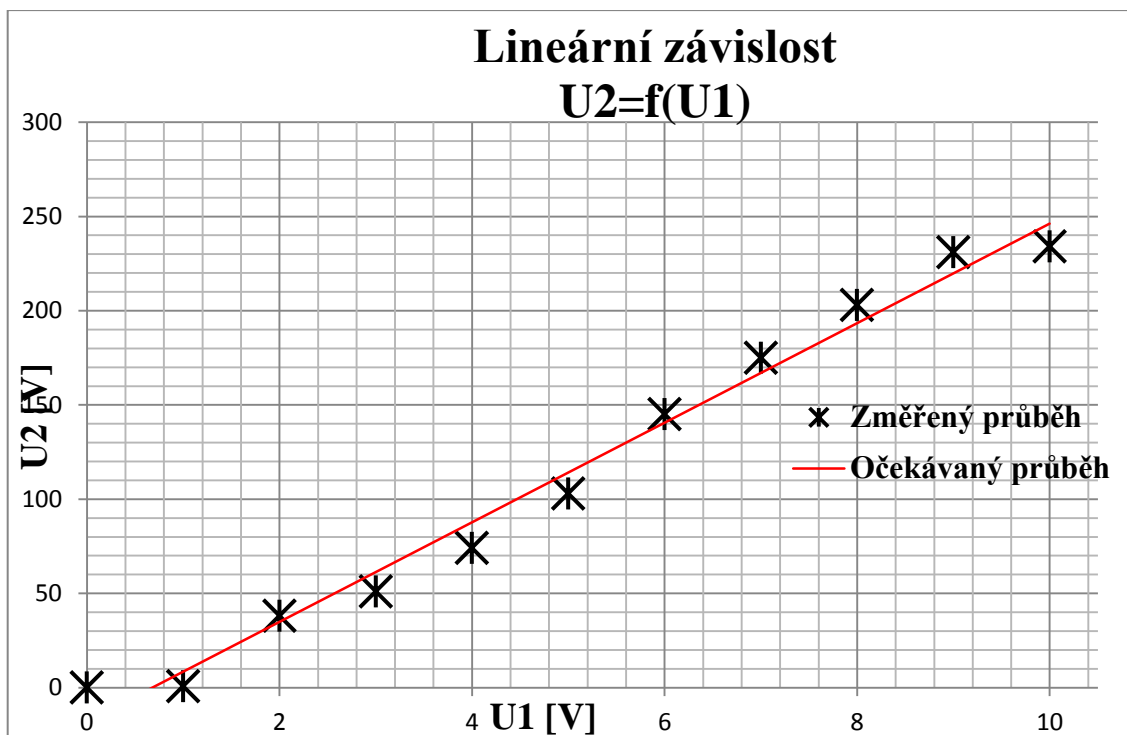
U1 [V]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U2 [V]	0	0,76	38	51	74	103	145	175	203	231	234

Tab. 3 Naměřená závislost výstupního napětí na vstupním (logaritmická závislost)

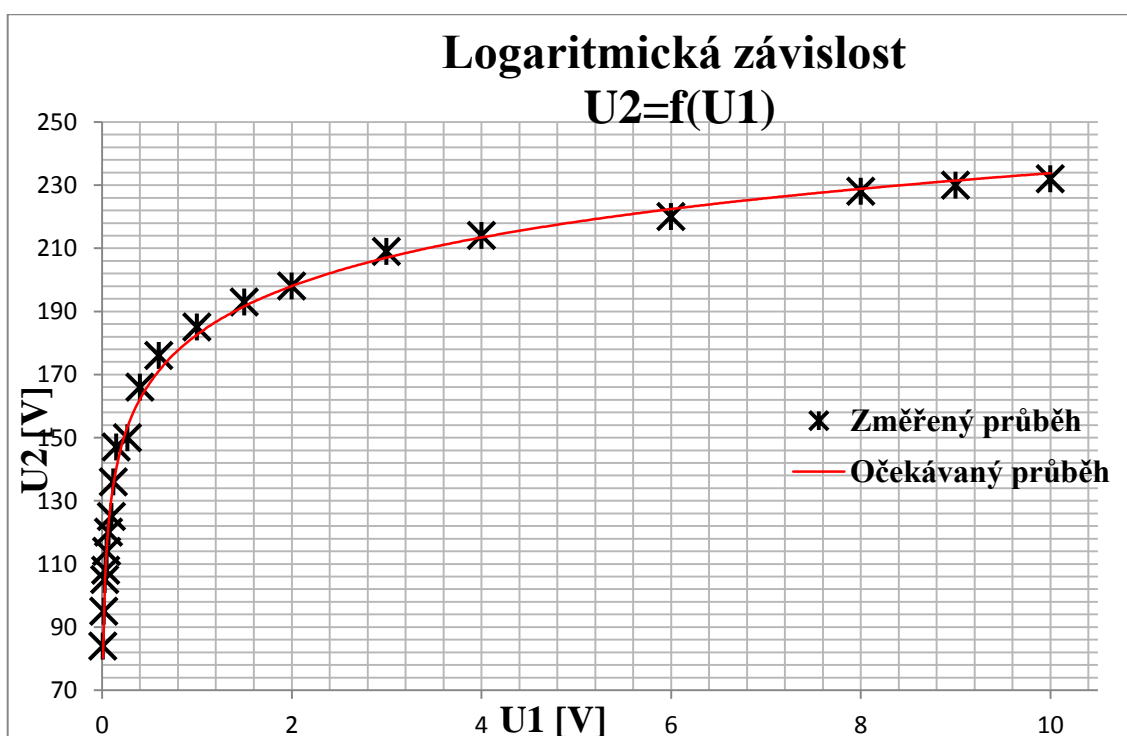
U1 [V]	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,1	0,12	0,15	0,3	0,4
U2 [V]	84	95	105	108	114	120	125	136	147	150	166

U1 [V]	0,6	1	1,5	2	3	4	6	8	9	10
U2 [V]	176	185	193	198	209	214	220	228	228	232

Obě závislosti jsem vynesl do grafů, na kterých je vidět výsledný průběh hodnot z tabulek (Tab. 2) a (Tab. 3). První graf (Graf 1) představuje průběh lineární závislosti výstupního napětí na vstupním. Druhý graf (Graf 2) zobrazuje logaritmický průběh výstupního napětí závislého na vstupním.



Graf 1 Lineární závislost výstupního napětí na vstupním napětí



Graf 2 Logaritmická závislost výstupního napětí na vstupním napětí

Z grafu (Graf. 1) je vidět, že výsledná závislost není zcela lineární. Při počátečních hodnotách, kdy na zdroji bylo nastaveno 0 V, přesto bylo naměřeno voltmetrem velmi malé napětí. Dále výstupní napětí začlo rapidně narůstat, až při vstupním napětí přibližně okolo hodnoty 1 V. Z grafu (Graf 2) je vidět průběh logarimické závislosti, kdy při malém vstupním napětí rapidně narůstá výstupní napětí. Přibližně kolem hodnoty 6 V na vstupu dostáváma maximální napětí na výstupu, které se již příliš nemění. Přesnost obou měření je ovlivněna voltmetrem a dále pak lidským faktorem při odečítání hodnot z voltmetru. Výsledkem obou měření byla prokázána požadovaná funkčnost přístroje.

Během testování jsem se potýkal s obvyklými problémy, které jsou spjaty s touto problematikou. Jedním z hlavních problémů, byla volba kapaliny v měrné nádobě. Jak již bylo řečeno, je třeba volit vodivé kapaliny. Dalším takovým problémem, bylo zapojení ochranných termostatů, respektive volba jejich ochrany. Jelikož nejsou uloženy spolu s ostatními ochranami v plastové krabičce, ale jsou upevněny na stěně měrné nádoby. Tím pádem jsou jejich vývody odhaleny a může dojít ke kontaktu s nebezpečným napětím. Tento problém, byl však do jisté míry vyřešen použitím izolačními dutinkami. I přesto tuto ochranu musela být umožněna snadná výměna obou ochranných termostatů v případě poruchy.

6. Postup při práci se zařízením

Neboli manuál, který je věnovaný pro práci s celým zařízením. Budu vycházet z toho, že tento manuál je určený pro člověka, který je elektrotechnického zaměření, či je s touto problematikou seznámen. Je to základní seznámení s připojením na síťové napětí, vstupní regulační napětí v rozmezí 0 V až 10 V a signalizací stavů celého zařízení. Tato kapitola by měla posloužit i jako návod v případě poruch či objasnění nesrovnalosti signalizačních znamení jednotlivých LED diod. Proto bych se dále chtěl ještě odvolávat na (Tab. 4), z které je možné, jak již bylo zmíněno, určit problém nebo připravenost zařízení.

Prvním krokem je připojení nebo zkontrolování připojení topného tělesa k zařízení. Dalším krokem bude vložení vodiče s teplotními čidly a vodič s indikátorem kapaliny do měrné nádoby s kapalinou. Nyní si hlídáme teplotu a přítomnost kapaliny v nádobě. Na vstupní svorky určené pro řídicí napětí připojíme vodiče od stejnosměrného (plynule) regulovaného zdroje. V tomto kroku si můžeme vybrat výstupní průběh, zda bude logaritmický anebo lineární. Současně s volbou výstupního průběhu je ještě třeba přepnout přepínač do polohy pro vybraný průběh. Například, připojíme-li řídicí napětí na svorky s lineárním průběhem, přepneme ještě spínač (směrem nahoru) do polohy pro volbu lineárního průběhu. Pro logaritmický průběh přepneme přepínač do opačné polohy a svorky řídicího napětí připojíme na svorky určené pro logaritmický průběh. Na závěr připojíme síťový kabel a zkontrolujeme nastavení hodnoty na potenciometru u regulátoru teploty. Popřípadě otočíme knoflíkem tak, abychom si zvolili maximální možnou teplotu v nádobě. Knoflík je opatřen červenou tečkou, která slouží jako ukazatel na stupnici, jež je cejchována po 10°C. Nyní můžeme zařízení uvést do provozu.

Připravenost zařízení samotného je zobrazeno zelenou LED diodou, která bliká. V opačném případě bude svítit červená dioda a je třeba zkontrolovat připojení topného tělesa, vnitřní pojistku samotného regulátoru či ochranou termostatovou část. Je-li toto v pořádku, pak je zařízení připraveno. V této chvíli signalizace LED pro provoz řízeného zdroje bliká zelenou barvou a signalizace pro přítomnost vody je taktéž signalizována zelenou LED diodou. Zařízení může plně fungovat. Nyní může být na

vstup přivedeno regulované řídicí napětí v rozmezí 0 V až 10 V. Změnou vstupního řídicího napětí, dostáváme v příslušném poměru na výstupu napětí, které je v rozmezí 0 V až 230 V, kterými je napájeno topné těleso. Dochází k ohřevu vody v nádobě topným tělesem. Na digitálním teploměru můžeme sledovat teplotu vody v nádobě a pomocí otočného knoflíku regulátoru teploty si nastavíme maximální teplotu vody v nádobě, která nesmí být překročena. Ještě na voltmetru můžeme sledovat výstupní napětí, které přivádíme na topné těleso. Takto můžeme pokračovat v měření a práci se zařízením.

Tab. 4 Přehled jednotlivých stavů

Signalizace	Zapojení	LED dioda	Signalizace	Stav
	Regulátor	červená	svítí	Nefunkční (Pojistka, topné těleso)
		zelená	bliká	Připraven k práci
	Indikátor	červená	svítí	Není voda = Nefunkční
		zelená	svítí	Je voda = Připraven k práci

Závěrem této kapitoly bych ještě rád podotkl, že je třeba dodržet tento postup při nastavování a spouštění zařízení. Není zcela nutné dodržovat tyto kroky v tomto pořadí, které jsem popsal výše. Některé kroky je možné provést v jiném pořadí, než je popsáno výše. Avšak je lepší tento postup dodržet. Předejde se tak zbytečným manipulacím se zařízením a hlavně situacím, ve kterých zařízení nebude pracovat a plnit požadovanou funkci. Proto je vhodné jednotlivé kroky dodržet v takovém pořadí, v jakém jsou popsány a uvedeny výše. Proto se tedy nedoporučuje jednotlivé kroky a jejich pořadí zaměňovat.

7. Normy a bezpečnostní opatření

V této části se podíváme na normy, kterými jsem se řídil při konstrukci výše uvedeného zařízení. Nová elektrická zařízení je možno uvést do provozu jen tehdy, splňují-li požadavky na bezpečnost osob a ohrožení majetku. K tomuto účelu vydává Český normalizační institut normy, kterými toto zařízení musí odpovídat. V tomto případě jsem využil několik zásadních norem, které se k mému zařízení vztahují. Z nich jsem vybral dále pak několik hlavních bodů, které rovněž vztahují k tomuto zařízení a kterých jsem se držel.

Definice normy [1] tvoří jednotlivé body a ty nejdůležitější, které se vztahují pro případ mého zařízení, jsou následovné.

3.1 Úraz elektrickým proudem – Fyziologický účinek elektrického proudu procházejícího tělem člověka nebo zvířete.

3.1.1 Základní ochrana – Ochrana před úrazem elektrickým proudem v bezporuchovém stavu.

3.2 (Elektrický) obvod - Uspořádání zařízení nebo prostředí, kterým může protékat elektrický proud.

3.3 (Elektrické) zařízení – Jakýkoliv prvek použitý pro takové účely, jako je výroba, přeměna, přenos, uchování, rozvod nebo použití elektrické energie, jako jsou stroje, transformátory, přístroje, měřicí zařízení, ochranná zařízení, zařízení pro systémy vedení, spotřebiče.

3.4 Živá část – Vodič nebo vodivá část určená k tomu, aby při normálním provozu byla pod napětím, včetně středního vodiče, ale podle úmluvy nezahrnuje vodič PEN nebo PEM nebo PEL.

3.5 Nebezpečná část – Živá část, která za určitých podmínek může způsobit úraz elektrickým proudem.

3.6 Neživá část – Vodivá část zařízení, které se lze dotknout a která není obvykle živá, ale může se stát živou v případě poruchy základní izolace.

3.10.1 Základní izolace – Izolace nebezpečných živých částí, která zajišťuje základní ochranu.

3.10.2 Přídavná izolace – Samostatná izolace použitá navíc k základní izolaci, aby byla zajištěna ochrana při poruše.

3.10.3 Dvojitá izolace – Izolace zahrnující jak základní izolaci, tak i přídavnou izolaci.

3.10.4 Zesílená izolace – Izolace nebezpečných živých částí, která zajišťuje stejný stupeň ochrany před úrazem elektrickým proudem jako dvojitá izolace.

3.13(Elektrický) ochranná přepážka – Část zajišťující ochranu před přímým dotykem (dotykem živých částí) z jakéhokoliv obvyklého směru přístupu.

3.14 (Elektrický) ochranný kryt – Kryt obsahující vnitřní část zařízení, který brání přístupu k nebezpečným živým částem z jakéhokoli směru.

3.30 Osoba znalá (v elektrotechnice) – Osoba s odpovídajícím vzděláním a zkouškami, které jí umožňují rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která elektřina může způsobit.

3.31 Osoba poučená (v elektrotechnice) – Osoba přiměřeně poučená osobami znalými nebo pod jejich dohledem, aby jí bylo umožněno rozeznat rizika a vyhnout se nebezpečím, která elektřina může způsobit.

3.32 Laik – Osoba, která není ani znalá ani poučená.

3.37 Nepřenosné zařízení – upevněné zařízení; trvale připojené zařízení; zařízení, kterým, se z důvodů jeho fyzických vlastností běžně nepohybuje a které se běžně připojuje do stejné zásuvky.

7.2.3 Přípustné povrchy částí z izolačních materiálů – Jestliže zařízení není zcela zakryto vodivými částmi, platí pro přístupné části z izolačního materiálu následující: Přípustné povrchy částí z izolačního materiálu – které jsou určeny pro uchopení; u nichž je pravděpodobné, že přijdou do styku s vodivými povrchy, které mohou přenášet nebezpečné napětí; které mohou přijít do podstatného styku (plocha větší než 50 mm x 50 mm) s částí lidského těla; dvojitou nebo zesílenou izolací; základní izolací a ochranným stíněním; kombinací těchto prostředků. Všechny ostatní přípustné části z izolačních materiálů musí být od nebezpečných živých částí odděleny alespoň základní izolací. Zařízení, které mají být částí pevné instalace, musí být opatřena základní izolací buď od výrobce, nebo během instalace, jak je uvedeno v pokynech od výrobce nebo od odpovědného prodejce. Tyto požadavky se považují za splněné, jestliže přípustné části z izolačního materiálu poskytují požadovanou izolaci.

8.1.2.1 Umístění přístrojů a komponentů – Zařízení musí být navrženo a nainstalováno tak, aby přístroj a komponenty byly přípustné a viditelné pro osobu, která je v poloze, ve které může snadno a bezpečně obsluhovat přístroj nebo vyměňovat komponent. Jestliže poloha, ve které je zařízení namontováno, může nepříznivě ovlivnit viditelnost nebo přístup k přístrojům nebo součástkám takovým způsobem, že to může způsobovat nebezpečí, potom musí být požadavky na polohu jejich namontování nejen uvedeny, ale i respektovány.

Další normou, kterou jsem použil a dle které jsem se držel, je norma [2]. Zde byl důležitý jeden bod, který je výše zmíněnou normou definován následovně.

2.2 Části, které se musí při obsluze uchopit rukou, musí být: Vyrobeny z izolačního materiálu dostatečně elektricky a mechanicky odolného, trvanlivého a nenavlhavého nebo musí být tímto materiálem vně izolovány. Toto izolování může být pouze v místě uchopení, musí však být na kovových částech spolehlivě upevněno.

Pro požadavky na přírodní vodiče a pohyblivé přívody bylo dáno normou [3], která o tomto problému pojednává. I zde v této normě jsem využil opět několik bodů, které byly pro mé zařízení zásadní, a proto je zde zmiňuji.

3.7 Odpojitelný přívod – Sestava složená z ohebného kabelu nebo šňůry vybavená nerozebíratelnou (neoddělitelnou) vidlicí a nerozebíratelnou (neoddělitelnou) nástrčkou. Určená pro připojení elektrického spotřebiče k napájecímu zdroji.

3.16 Neoddělitelná vidlice nebo neoddělitelná pohyblivá zásuvka – Vidlice nebo pohyblivá zásuvka, jejíž výroba je dokončena nalisováním izolačního materiálu kolem předem smontovaných částí a kolem vývodů ohebného kabelu.

4 Všeobecně – Pohyblivé přívody, prodlužující přívody a vedení musí být zhotoveny z ohebných kabelů nebo šňůr vhodných pro dané použití z hlediska jmenovitého napětí, maximálního proudu, mechanické pevnosti, odolnosti vůči vlivům prostředí a mající potřebné vlastnosti pro jejich použití (např. ohebnost, hladký povrch, nešpinící povrch, trvanlivost) a zajišťující bezpečné používání připojovaného zařízení.

4.1.2 Na pohyblivé kabelové a šňůrové přívody a vedení (soupravy) se smí používat jen ohebné kabely a šňůry vyhovující příslušným předmětovým normám, podkladům jakož i vlivům prostředí v místě, kde je pohyblivých kabelových a šňůrových přívodů a vedení použito a mechanickému namáhání, jímž jsou tyto přívody nebo vedení vystaveny.

4.2 Mechanické namáhání – Pohyblivé přívody musí být v místě připojení spolehlivě odlehčeny od tahu, zajištěny proti posunutí i vytržení a opatřeny proti

zkroucení žil; odlehčovací zařízení nesmí být pod napětím a musí být upraveno tak, aby mechanicky nemohlo poškodit odlehčovaný kabel nebo šňůra. Případná deformace izolačního pláště k lepšímu zajištění šňůry proti posunutí není na závadu, pokud se tím nezhorší izolační stav a nebude zkrácena životnost kabelu nebo šňůry.

Vstupní otvory elektrických předmětů pro kabely a šňůry musí být upraveny, tak aby se nepoškozovaly (netřepily, netrhaly, nepraskaly apod.) ani se neposouvaly.

5.4 Dimenzování – Na pohyblivé přívody se používají pouze vodiče, kabely a šňůry s měděnými jádry. Pokud nejsou známy přesnější hodnoty, např. na základě výpočtu podle souboru ČSN IEC 287, doporučuje se volit průřezy pohyblivých přívodů v souladu s ČSN EN 60335-1 ed. 2, viz.(Tab. 5).

Tab. 5 Minimální průřez vodičů

Jmenovitý proud spotřebiče [A]		Jmenovitý průřez vodiče (Cu) [mm²]
od	do	
0,2	3	0,5 a
3	6	0,75
6	10	1
10	16	1,5
16	25	2,5
25	32	4
32	40	6
40	63	10
a Tyto přívody se mohou používat pouze, pokud jejich délka nepřesahuje 2 mezi bodem, kde přívod nebo návlačka vstupují do spotřebiče a vstupem do vidlice		

Průřezy vodičů pohyblivých přívodů uvedené v (Tab. 5) vycházející z předpokladu, že zařízení vodičů nemůže být oproti zatížením uvedeným v tabulce překročeno. Je třeba si uvědomit, že jištění zásuvkových obvodů v elektrické instalaci není určeno k jištění spotřebičů tedy ani pohyblivých přívodů ze zásuvkových obvodů napájených. Prodlužovací přívody jsou chráněny z hlediska nadproudu a zkratu pouze nadproudovou ochranou příslušející obvodům elektrické instalace, na které jsou připojeny pohyblivé přívody a mohou být z hlediska nadproudu chráněny příslušnou ochranou připojeného spotřebiče nebo zařízení.

8. Závěr

Cílem práce bylo zhotovit inteligentní řízený zdroj napětí, využitelný pro připojení topného tělesa a ohřev vody. Realizace zařízení nebyla složitá, avšak zásadním problémem byla volba samotného řízeného zdroje napětí. S tím pak úzce souvisela i zdárně vyřešená problematika ohledně bezpečnosti při práci s celým zařízením. A zároveň s tím jsem se snažil vhodně vyřešit, aby při jakékoli poruše na zařízení se celý proces přerušil a odpojilo se řídicí nebo výstupní regulační napětí s následnou LED diodovou signalizací o poruše. Pro jiné nebo průmyslové použití by bylo vhodné použít signalizaci s větší optickou viditelností a také rozšíření o zvukovou signalizaci. Využití tohoto řízeného zdroje napětí je široké. Je možné jej použít k regulaci jakékoliv odporové zátěže s maximálním výkonem do 800 W, např. světelné okruhy. To bylo ověřeno a vyzkoušeno na standardní 60 W žárovce.

Při funkčních testech jsem dokázal, že zařízení je plně funkční. Veškeré testy se prováděly tak, jak se pak bude se zařízením zacházet v rámci školní úlohy. V rámci mých pokusů jsem využíval proměnný zdroj napětí, který tvořil řídicí zdroj napětí. Používal jsem topné těleso o výkonu 800 W a jako měrná nádoba mi posloužil zásobník o objemu 2 l vody.

Kromě stavebnicového regulátoru a digitálního teploměru, byla vyřešena ochrana hlídání přítomnosti kapaliny v nádobě a regulace této teploty. Dále symetrické napájení pro zesilovací prvky. Jedná se o logaritmický operační zesilovač modifikující vstupní napěťový signál a o operační zesilovač napětí, který zesiluje výstupní napěťový signál z teploměru. Dále byl vyřešen napěťový zdroj s výstupním napětím 9V, kterým napájím některé elektronické prvky.

Během tvorby této práce jsem měl také možnost si osvěžit práci s tištěnými spoji, osazováním a pájením součástek. Seznámit se s možnostmi a problematikou spojené s regulačním zařízením. Dále s problematikou spojenou se součástkami, které jsou citlivé na statickou elektřinu. Zlepšit si orientaci v katalogových listech a práci s nimi. Prohloubit a zlepšit si znalosti s prací s operačními zesilovači a s možnostmi jejich zapojení. V poslední řadě pak řešení vzniklých problémů, které souvisely s prací s jednotlivými elektronickými částmi, ale i co se týče neelektrické ochrany.

Seznam doporučené a citované literatury

- [1] *Ochrana před úrazem elektrickým proudem – Společná hlediska pro instalaci a zařízení*. [s.l.] : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.3.2003. 44 s.
- [2] *Elektrické instalace nízkého napětí- část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. [s.l.] : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.8.2007. 52 s.
- [3] *Bezpečnostní požadavky na pohyblivé přívody a šňůrová vedení*. [s.l.] : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1.11.2009. 12 s.
- [4] *Elektro bastlárna* [online]. 2010 [cit. 2010-09-21]. Dostupné z: <<http://www.elektroworld.info>>.
- [5] HLAVA, J. *Prostředky automatického řízení II*. Praha: ČVUT, 2000. 162 s. Dostupné z: <http://www.fm.tul.cz/~jaroslav.hlava/par/Skripta_PAR.pdf>.
- [6] AUTOMA. *Časopis pro automatizační techniku* [online]. 2010 [cit. 2010-09-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36107>.
- [7] VOBECKÝ, J.; ZÁHLAVA, V. *Elektronika – součástky a obvody, principy a příklady*. Praha : Grada Publishing, 2000. 205 s.
- [8] *Funkční měniče* [online]. 2013 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <<http://elektross.gjn.cz/skripta/kap7/2.html>>.
- [9] *Digital Multimeter - DT830B*. [online]. 2013 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: <<http://www.myelectronix.com/2012/10/digital-multimeter-dt830b.html>>.

[10] *Výroba plošných spojů fotocestou*. [online]. 2013 [cit. 2013-01-06]. Dostupné z: http://www.mlab.cz/Articles/HowTo/How_to_make_PCB/DOC/HTML/How_to_make_PCB.cs.html>.

[11] Pulsně šířková modulace. *DH servis* [online]. 2013 [cit. 2013-04-12]. Dostupné z: <http://www.dhservis.cz/psm.htm> >.

Seznam obrázků

Obr. 1 Průběh signálu pulsně šířkové modulace.....	8
Obr. 2 Blokové schéma celého zařízení.....	10
Obr. 3 Schéma napájení	13
Obr. 4 Schéma zapojení indikující vodivé spojení	14
Obr. 5 Relé a pohled odspodu.....	15
Obr. 6 Zapojení relé a jeho principiální funkce	15
Obr. 7 Pohled na indikátor vody	17
Obr. 8 Provedení pouzdra vratného termostatu	18
Obr. 9 Zapojení ochranných termostatů s výstupem na topné těleso	19
Obr. 10 Další možná konstrukční provedení termostatů	20
Obr. 11 Schéma nastavitelného regulátoru teploty	20
Obr. 12 Schéma digitálního teploměru	22
Obr. 13 Schéma multimetru.....	23
Obr. 14 Schéma symetrického napájení zesilovačů.....	23
Obr. 15 Schéma zapojení zesilovače napětí.....	24
Obr. 16 Schéma logritmického zesilovače napětí.....	25
Obr. 17 Zrealizované zapojení celého zařízení.....	26
Obr. 18 Pohled na víko se zobrazovacími prvky	27
Obr. 19 Očištění desky ze strany s vrstvou mědi.....	28
Obr. 20 Vytisknutá předloha na pauzovací papír.....	29
Obr. 21 Leptání desky v chloridu železitém	30
Obr. 22 Deska plošných spojů (Osazená).....	30
Obr. 23 Schéma napětově řízeného zdroje.....	48
Obr. 24 Schéma zapojení (Přepínač Log/Lin, reg. Teploty a napětově řízený zdroj)....	49
Obr. 25 Schéma zapojení (Řešení napájení jednotlivých bloků 9 V).....	50
Obr. 26 Schéma zapojení (Operační zesilovače a jejich napájení).....	51

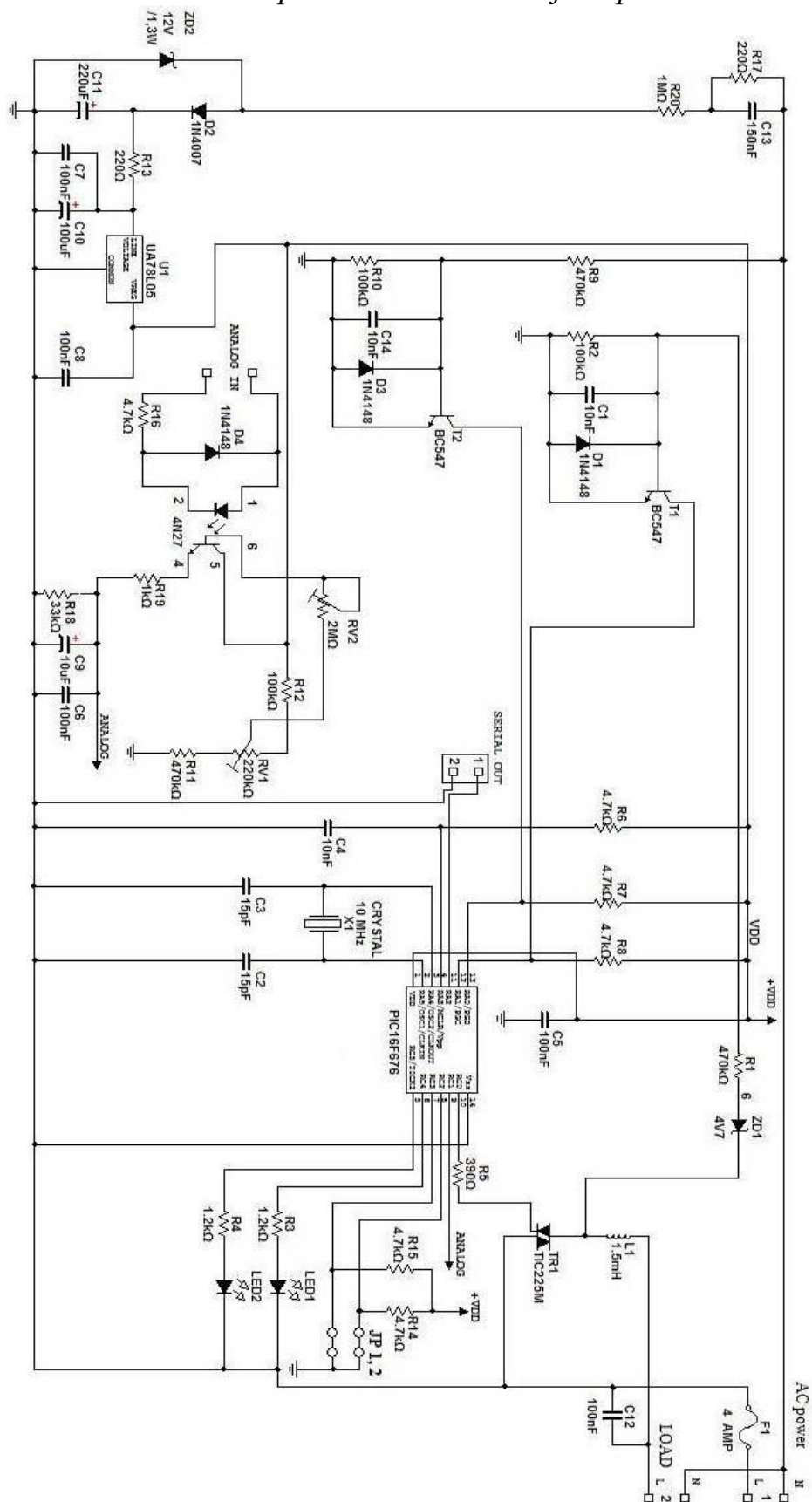
Seznam tabulek a grafů

Tab. 1 Volba hodnoty vstupních rezistorů dle velikosti napájecího napětí	22
Tab. 2 Naměřená závislost výstupního napětí na vstupním (lineární závislost).....	33
Tab. 3 Naměřená závislost výstupního napětí na vstupním (logaritmická záv.)	33
Tab. 4 Přehled jednotlivých stavů.....	37
Tab. 5 Minimální průřez vodičů	41
Graf 1. Lineární závislost výstupního napětí na vstupním	34
Graf 2. Logaritmická závislost výstupního napětí na vstupním	34
Tab. 6 Seznam součástek (Digitální teploměr)	52
Tab. 7 Seznam součástek (Napájecí zdroj 230V)	53
Tab. 8 Seznam součástek (Indikace přítomnosti vody)	53
Tab. 9 Seznam součástek (Regulátor teploty)	54
Tab. 10 Seznam součástek (Symetrické napájení OZ)	54
Tab. 11 Seznam součástek (Zesilovač napětí)	55
Tab. 12 Seznam součástek (Logaritmický zesilovač napětí)	55
Tab. 13 Seznam součástek (Regulátor napětí).....	56

Seznam příloh

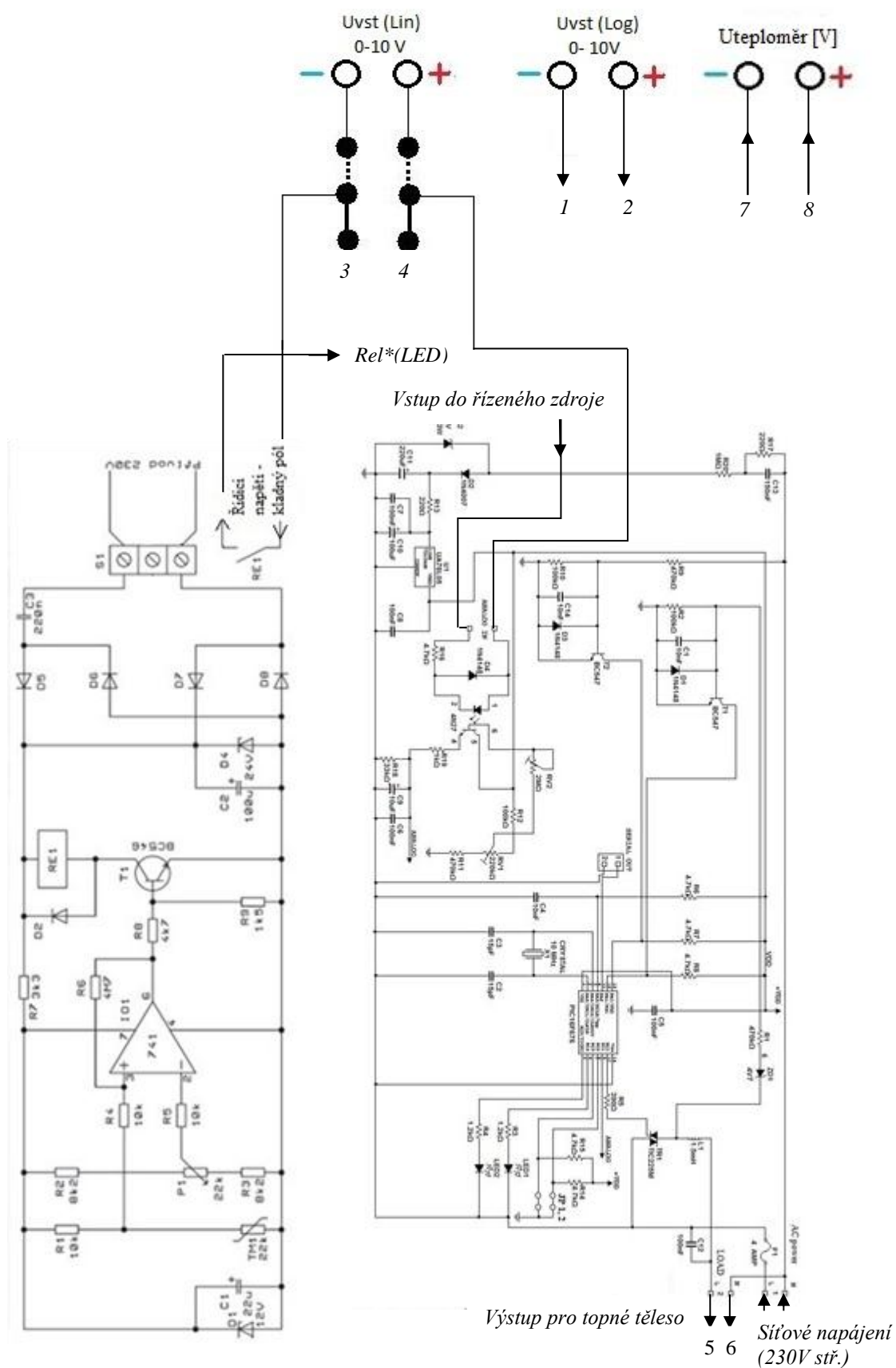
Příloha 1. Schéma napět'ově řízeného zdroje napětí (Obr.).....	48
Příloha 2. Schéma zařízení (Obr.).....	49
Příloha 3. Seznam použitých součástí (Tab.)	52

Obr. Příloha 1: Schéma napětově řízeného zdroje napětí



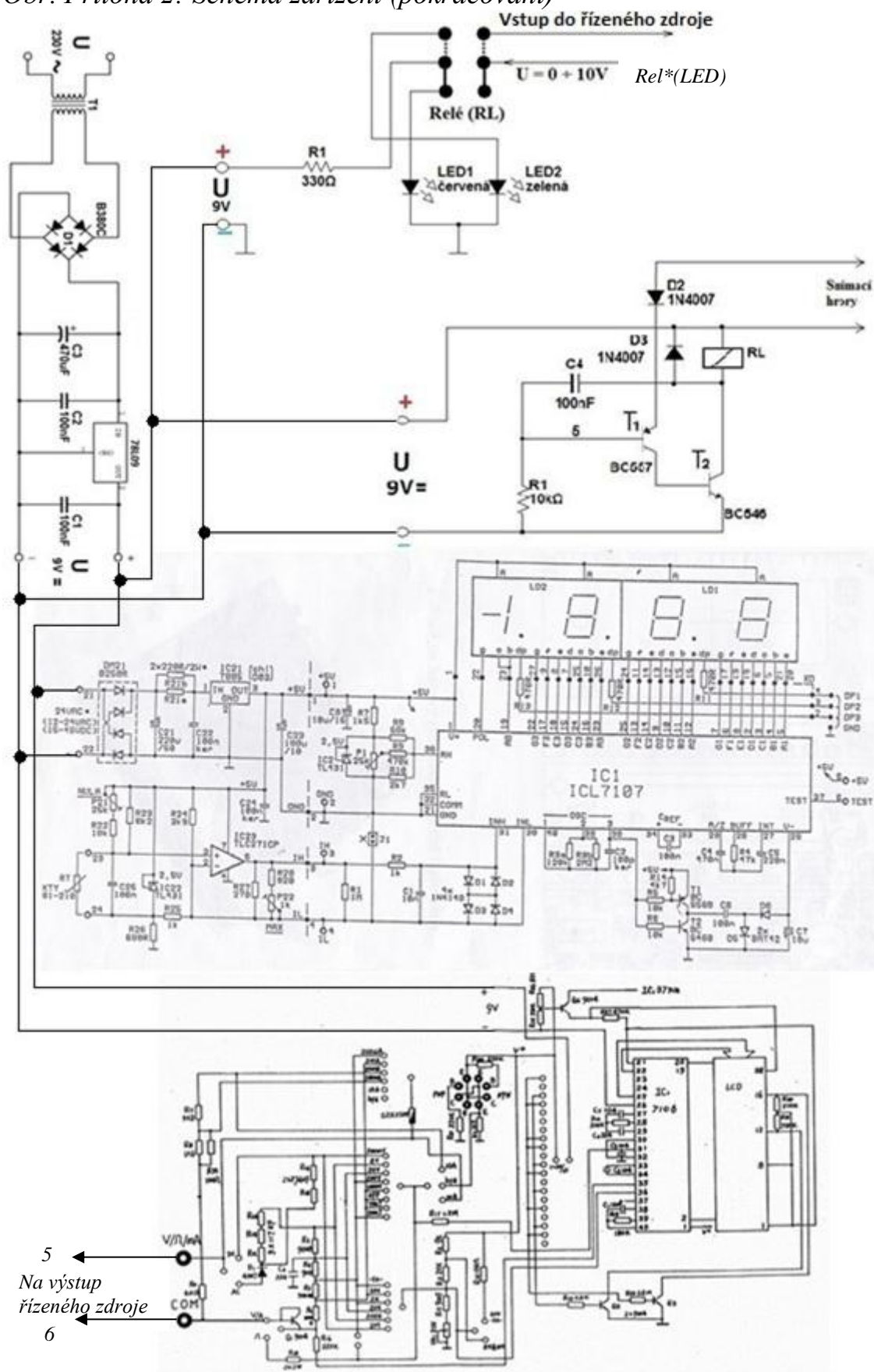
Obr. 23 Schéma napětově řízeného zdroje

Obr. Příloha 2: Schéma zařízení



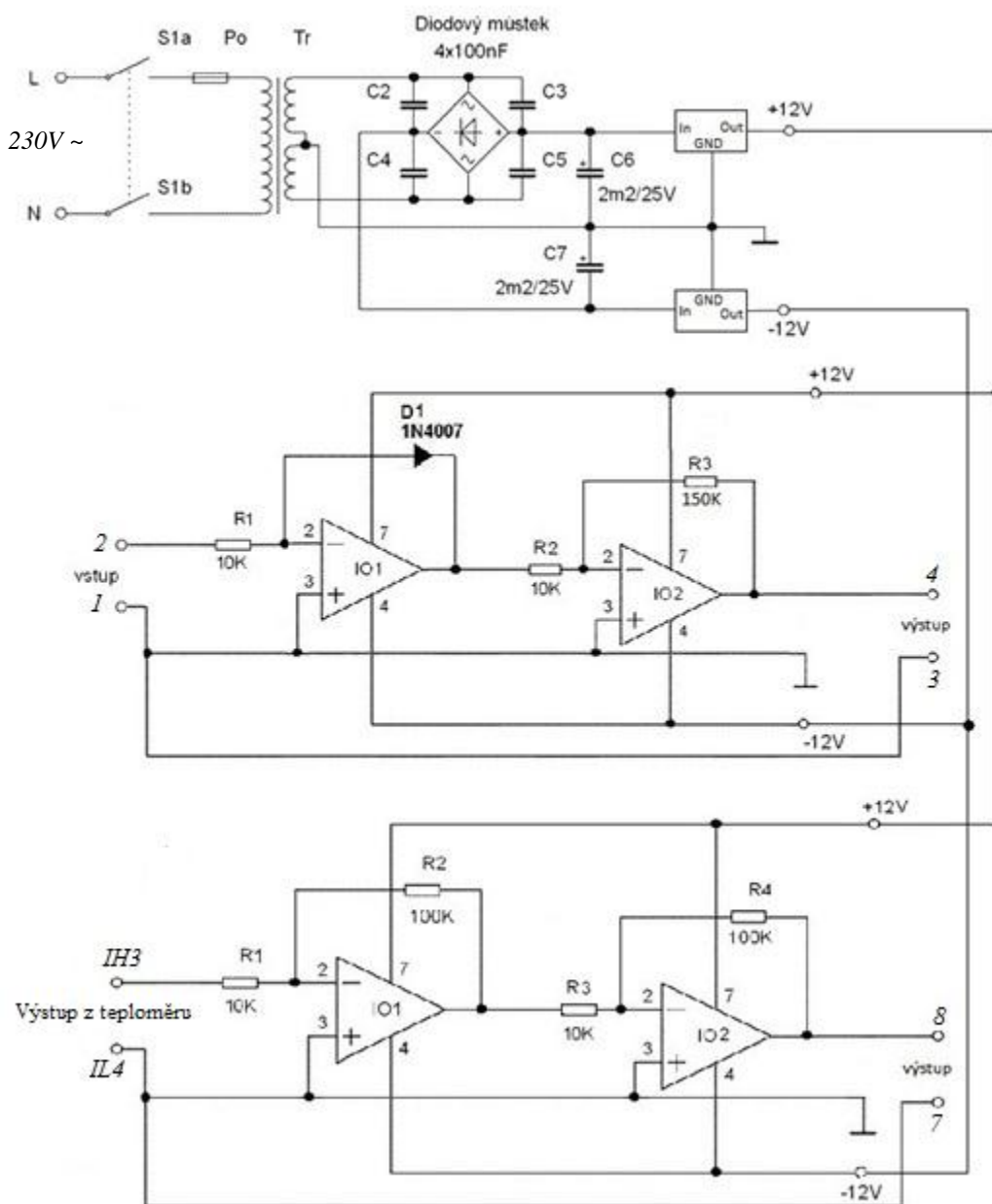
Obr. 24 Schéma zapojení (Přepínač Log/ Lin, reg. teploty a napětově řízený zdroj)

Obr. Příloha 2: Schéma zařízení (pokračování)



Obr. 25 Schéma zapojení (Řešení napájení jednotlivých bloků 9 V)

Obr. Příloha 2: Schéma zařízení (pokračování)



Obr. 26 Schéma zapojení (Operačních zesilovačů a jejich napájení)

Tab. Příloha 3: Seznam použitých součástek

Tab. 6 Seznam součástek (Digitální teploměr)

Rezistory		Kondenzátory		Polvodiče	
R1	1M	C1	TC10n	T1	BC556B
R2	1K	C2	TK100p	T2	BC546B
R3a	120K	C3	TC100n	IC1	ICL7107
R3b	2M2	C4	TC470n	IC2	TL431
R4	47K	C5	TC22n	IC21	LM7805
R5	10K	C6	TC100n	IC22	TL431
R6	10K	C7	TE10M/50V	IC23	TLC271CP
R7	1K5	C8	TE10M/50V	RT	KTY81-210
R8	68K	C21	TE220M/50V	LD1	DA56-11GWA
R9	470K	C22	TK100n	LD2	DA56-11GWA
R10	2K7	C23	TE100M/10V	Trimry	
R11	470R	C24	TK100n	P1	PT6V 25K
R12	470R	C25	TC100n	P21	PT10V 25K
R13	470R	TK- keramické TC- svitkové TE- elektrolyty		P22	PT10V 1K
R14	4K7			Ostatní součástky	
R21b,R21b	viz. Tab.1				
				Patice 8 vývodů	PAT08ST
R22	18K			Patice 40 vývodů	PAT40ST
R23	8K2	D1	1N4148	Jumper	Jumper spojka
R24	3K9	D2	1N4149	2ks Jumper	Jumper 4x1
R25	1K	D3	1N4150	3ks Jumper	Jumper 2x1
R26	680R	D4	1N4151	Jumper	Jumper 27x1 úhlový
R27	270R	D5	BAT42	4ks faston	VSP 2,8x0,8
R28	820R	D6	BAT42	Chladič	D03
3ks nulový R	0R0	DM21	B250R		
8ks propojka	-----				

Tab. Příloha 3: Seznam použitých součástek (pokračování)

Tab. 7 Seznam součástek (Napájecí zdroj 230V)

Tranformátor	
T1	2*115/2*6
Diodový můstek	
D1	B380C
Kondenzátory	
C1	100nF
C2	100nF
C3	470μF/25V
Stabilizátor	
ST	78L09

Tab. 8 Seznam součástek (Indikace přítomnosti vody)

Rezistor	
R1	10K
Kondenzátor	
C4	100nF
Diody	
D2	1N4007
D3	1N4007
Tranzistory	
T1	BC557
T2	BC546
Relé	
RL	12V(DC)/16A,250V(AC)

Tab. Příloha 3: Seznam použitých součástek (pokračování)

Tab. 9 Seznam součástek (Regulátor teploty)

Rezistory		Tranzistor	
R1	10K	T1	BC546
R2	8K2	Integrovaný obvod	
R3	200	IO	741
R4	10K	Diody	
R5	10K	D1	12V
R6	4M7	D2	1N4007
R7	3K3	D4	24V
R8	4K7	D5	1N4007
R9	1K5	D6	1N4007
TM1	22K	D7	1N4007
P1	22K	D8	1N4007
Kondenzátory		Svorka	
C1	22 μ F	S1	3p
C2	100 μ F		
C3	220nF		

Tab. 10 Seznam součástek (Symetrické napájení OZ)

Transformátor	
Tr	230/2*12V
Kondenzátory	
C2	100nF
C3	100nF
C4	100nF
C5	100nF
C6	2m2/25V
C7	2m2/25V
Stabilizátory	
St (+12V)	L7812cv
St (-12V)	TS7912
Diodový můstek	
Dm	W10M

Tab. Příloha 3: Seznam použitých součástek (pokračování)

Tab. 11 Seznam součástek (Zesilovač napětí)

Rezistory	
R1	10K
R2	100K
R3	10K
R4	100K
Operační zesilovač	
IO1	MAA71
IO2	MAA71

Tab. 12 Seznam součástek (Logaritmický zesilovač napětí)

Rezistory	
R1	10K
R2	10K
R3	150K
Diody	
D1	1N4007
Operační zesilovač	
IO1	MAA71
IO2	MAA71

Tab. Příloha 3: Seznam použitých součástek (pokračování)

Tab. 13 Seznam součástek (Regulátor napětí)

Jumper		Rezistory		Konektory	
J	3*	R1	470K	SK1	2p
Diody		R2	100K	SK2	2p
D1	1N4148	R3	1K5	SK3	2p
D2	1N4007	R4	1K5	Tranzistory	
D3	1N4148	R5	390	T1	BC547
D4	1N4148	R6	4K7	T2	BC547
ZD1	4V7	R7	4K7	Stabilizátor	
ZD2	12V	R8	4K7	VR1	UA78L05
LD1	3mm Green	R9	470K	Tlumivka	
LD2	3mm Red	R10	100K	L1	1,5mH/4A
Kondenzátory		R11	470K	Triak	
C1	10nF	R12	100K	TR1	TIC225M
C2	15pF	R13	220	Integrované obvody	
C3	15pF	R14	4K7	IC1	PIC16F676
C4	10nF	R15	4K7	IC2	TIL111
C5	100nF	R16	4K7		
C6	100nF	R17	1M		
C7	100nF	R18	33K		
C8	100nF	R19	1K		
C9	10μF	R20	220		
C10	100μF	RV1	220K		
C11	220μF	RV2	2M2		
C12	100nF/250v	IC Soket			
C13	0,47μF/630V	IC1	14P		
C14	10nF	IC2	6P		